



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI

“MARCO FANNO”

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**“L’ACCESSO ALL’ENERGIA, UNO STRUMENTO PER FAVORIRE
LO SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE SOSTENIBILI”**

RELATORE:

PROF.SSA PAOLA VALBONESI

LAUREANDA: ERIKA DONÈ

MATRICOLA N. 1135976

ANNO ACCADEMICO 2018-2019

La candidata, sottoponendo il presente lavoro, dichiara, sotto la propria personale responsabilità, che il lavoro è originale e che non è stato già sottoposto, in tutto o in parte, dalla candidata o da altri soggetti, in altre Università italiane o straniere ai fini del conseguimento di un titolo accademico. La candidata dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati ai fini della predisposizione dell'elaborato sono stati opportunamente citati nel testo e riportati nella sezione finale "Bibliografia" e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l'esplicito richiamo al documento originale.

Indice

Introduzione	pag. 5
1. L'ACCESSO ALL'ENERGIA: L'ELETTRICITÀ	pag. 7
1.1 La povertà energetica	pag. 7
1.2 Cosa si intende con l'espressione "accesso all'energia"?	pag. 8
1.3 L'elettricità nei paesi in via di sviluppo	pag. 10
1.4 Gli strumenti per la distribuzione dell'elettricità	pag. 14
2. BARRIERE E SOLUZIONI	pag. 20
2.1 Le tariffe per la connessione	pag. 20
2.2 La digitalizzazione e l'accesso all'elettricità: il modello <i>pay-as-you-go</i>	pag. 24
2.3 <i>Lighting Kenya</i>	pag. 28
3. LE DINAMICHE ECONOMICHE, SOCIALI E AMBIENTALI	pag. 29
3.1 Il mercato del lavoro e le attività produttive: stimolare la crescita del reddito	pag. 29
3.2 Impatto sulla salute	pag. 31
3.3 Impatto ambientale ed emissioni di CO ₂	pag. 33
Conclusione	pag. 36
Bibliografia	pag. 38
Sitografia	pag. 43

Introduzione

Nell'anno 2015, i Paesi membri delle Nazioni Unite hanno approvato l'Agenda 2030, un programma d'azione per porre fine alla povertà in tutte le sue forme e favorire uno sviluppo economico sostenibile. L'Agenda è articolata in 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals SDGs*) utilizzati come benchmark di riferimento al fine di evidenziare quali siano le criticità più rilevanti e urgenti da affrontare e di monitorare i progressi dei Paesi nel loro raggiungimento, previsto appunto per il 2030.

È proprio nell'ambito di questo programma che è stata riconosciuta l'importanza dell'accesso all'energia: il SDG numero 7 sancisce, infatti, la volontà di “assicurare a tutti l'accesso a sistemi energetici economici, affidabili, sostenibili e moderni”¹. L'energia non è soltanto uno dei pilastri per la crescita economica delle nazioni, ma è anche intrinsecamente correlata allo sviluppo del benessere dell'essere umano e, di conseguenza, al raggiungimento degli altri Obiettivi. L'accesso all'energia permette, infatti, di migliorare la qualità della vita delle persone poiché garantisce la creazione di nuovi posti di lavoro o opportunità di business, i trasporti, la formazione scolastica, la diffusione di informazioni e conoscenza, l'intrattenimento, una migliore conservazione degli alimenti, abitazioni più confortevoli grazie all'illuminazione e al riscaldamento. Inoltre, l'accesso all'energia contribuisce in modo rilevante alla tutela della salute, per esempio attraverso l'utilizzo di stufe migliorate per la preparazione del cibo, che permettono di ridurre l'esposizione a fumi che causano ogni anno quasi 4 milioni di morti secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità.

L'elaborato si focalizza sull'analisi delle dinamiche che caratterizzano i paesi in via di sviluppo dove l'accesso all'energia non è ancora garantito a tutta la popolazione ed è strutturato come segue: nel primo capitolo vengono introdotti i concetti di povertà energetica e di accesso all'energia, con un focus sull'elettricità e la sua diffusione nei paesi in via di sviluppo, mettendo inoltre in luce le diverse tipologie di infrastrutture utilizzate. Il secondo capitolo affronta il tema delle tariffe per la connessione alla rete elettrica, illustrando come queste rappresentino una delle principali barriere all'accesso (soprattutto nelle zone rurali) e come le imprese abbiano sfruttato un metodo di pagamento innovativo per ridurle. Infine, il terzo capitolo analizza quali sono gli effetti dell'accesso all'energia nei paesi in via di sviluppo su variabili come il tasso di occupazione, la produttività, la salute, le emissioni di CO₂, che evidenziano quanto l'energia

¹ UNRIC - Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite. Disponibile su <<https://www.unric.org/it/agenda-2030/30744-obiettivo-nd7-assicurare-a-tutti-laccesso-a-sistemi-di-energia-economici-affidabili-sostenibili-e-moderni>>

possa essere un *driver* efficace nella lotta alla povertà estrema, nella crescita economica e nella lotta al cambiamento climatico.

1. L'ACCESSO ALL'ENERGIA: L'ELETTRICITÀ

1.1 La povertà energetica

Secondo Alloisio et al. (2017), la povertà energetica è definita come la mancanza, la scarsità o la difficoltà di accesso a servizi energetici moderni, con particolare riferimento all'elettricità e alle apparecchiature "pulite" per la cottura degli alimenti (*improved cookstoves*). Tale definizione fa riferimento alla realtà presente nei paesi in via di sviluppo in cui, secondo le recenti stime dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, quasi un miliardo di persone non possiede ancora l'accesso all'elettricità e 2.7 miliardi utilizzano tecnologie inquinanti per cucinare². Secondo Reddy (2000, p.44), si tratta della "mancanza di scelta nell'accesso a servizi energetici adeguati, accessibili, affidabili, di alta qualità, sicuri e sostenibili, che possano supportare lo sviluppo economico e sociale". Appare evidente, quindi, che nei paesi in via di sviluppo il problema riguarda principalmente la mancanza di infrastrutture adeguate che garantiscano l'accesso fisico al servizio.

Tuttavia, la povertà energetica è presente anche nelle economie avanzate, ma con caratteristiche diverse, tanto che si utilizza un'espressione alternativa, *fuel poverty*, per riferirvisi. Verso la fine degli anni '70, infatti, il Regno Unito e gli USA riconobbero per la prima volta l'esistenza della povertà energetica a seguito della crisi petrolifera del 1973, anche se il termine *fuel poverty* fu ufficialmente adottato dal governo britannico solo nel 1997. Diverse definizioni di *fuel poverty* furono formulate tra la fine degli anni '70 e gli anni '80, culminate in quella di Brenda Boardman, secondo cui un individuo si trova in condizione di povertà energetica se deve spendere più del 10% del suo reddito per usufruire di servizi energetici adeguati, in particolare quelli necessari a riscaldare l'abitazione. L'importanza della definizione di Boardman, formulata nel 1988 nella tesi di dottorato e ripresa nel libro "*Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*" del 1991, è data dal fatto che rappresenta la prima definizione quantitativa del fenomeno. Anche in Italia, seppur in tempi più recenti, la povertà energetica è stata ed è oggetto di studio; Faiella e Lavecchia (2014, p.5), per esempio, la descrivono come "l'incapacità di acquistare un paniere minimo di beni e servizi energetici". In questo caso ci si riferisce al concetto di *vulnerabilità energetica* per descrivere la condizione di quelle famiglie che, nonostante abbiano accesso fisico alle infrastrutture, non sono in grado di consumare l'ammontare desiderato di energia a causa di una combinazione di basso reddito, elevata spesa energetica e scarsa efficienza energetica delle abitazioni.

² Fonte: World Energy Outlook 2017. Disponibile su: <https://www.iea.org/sdg/>

1.2 Cosa si intende con l'espressione "accesso all'energia"?

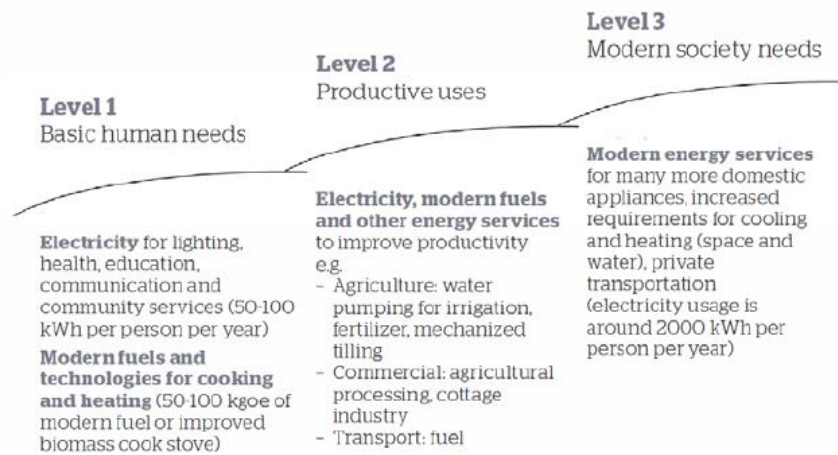
L'accesso all'energia è un elemento cruciale per lo sviluppo economico e sociale delle nazioni, nonché per l'eliminazione della povertà estrema che è causata, tra l'altro, anche dall'impossibilità di accedere ai servizi energetici; per questo rappresenta l'Obiettivo numero 7 dell'Agenda 2030 e, contemporaneamente, un *driver* per il raggiungimento dell'obiettivo primario del programma, sradicare la povertà in tutte le sue forme e in tutti i paesi. Avere accesso all'energia implica, infatti, poter beneficiare di molteplici servizi come l'illuminazione, la comunicazione, il calore necessario per cucinare, il freddo per conservare i cibi o rinfrescare l'ambiente (Modi, McDade, Lallement, Saghir, 2006). Molto spesso, inoltre, si parla di "accesso all'energia moderna" per distinguere le forme tradizionali come il legname, il letame, i residui vegetali e il carbone, da quelle moderne come l'elettricità, le rinnovabili, il metano, il GPL, il diesel e i biocombustibili come biodiesel e bioetanolo; questa distinzione si utilizza anche per classificare le tecnologie come il metodo delle "tre pietre" tipico dei paesi africani, rispetto alle *knowledge-intensive* come le *improved cookstoves* e i cellulari (Brew-Hammond, 2009). Si tratta quindi di uno strumento decisivo per la creazione di un futuro prospero e sostenibile per il pianeta, ma allo stesso tempo rappresenta una delle principali cause dell'inquinamento ambientale: proprio per questa sua intrinseca complessità, non vi è una definizione universalmente adottata per illustrarne le caratteristiche.

L'Agenzia Internazionale dell'Energia parla di accesso all'energia in termini di "accesso affidabile ed economico per le famiglie, sia ad apparecchiature pulite per cucinare, sia all'elettricità, inizialmente quanto basta per fornire un insieme basilico di servizi energetici, e poi un crescente livello di elettricità per raggiungere la media regionale"³.

L'elettricità e le *improved cookstoves* sono un elemento cardine dell'accesso energetico di base anche secondo l'*Advisory Group on Energy and Climate Change* (AGECC) del segretario generale delle Nazioni Unite, il quale sostiene che l'accesso all'energia produca tre tipi di benefici a seconda dell'ampiezza dei servizi energetici forniti (vedi *figura 1*). Da qui deriva poi la definizione di accesso all'energia come un insieme di "servizi energetici puliti, affidabili ed economici per cucinare, scaldare, illuminare, per fini comunicativi e produttivi" (2010, p.13) che si riferisce, quindi, ai livelli 1 e 2 (vedi *figura 1*).

³ Fonte: <<https://www.iea.org/energyaccess/methodology/>>

Figura 1: Livelli incrementali di accesso ai servizi energetici



Fonte: AGECC, 2010, *Energy for a Sustainable Future*, New York.

L'ESMAP (*Energy Sector Management Assistance Program* amministrato dalla Banca Mondiale) pone invece l'accento sulla necessità di creare una definizione che sia effettivamente completa, innanzitutto sottolineando come l'espressione "accesso all'energia" non debba essere considerata un sinonimo di "accesso all'elettricità", poiché l'energia può essere ottenuta anche attraverso altre fonti, per esempio dai combustibili. Un'ulteriore precisazione riguarda la distinzione tra fruibilità del servizio ed effettivo utilizzo: l'accesso si riferisce infatti soltanto ad un utilizzo potenziale dell'energia garantito dalla connessione alle infrastrutture; l'utilizzo effettivo potrebbe invece essere ostacolato da vincoli finanziari (*affordability*) o dalla limitata affidabilità della rete se soggetta a frequenti interruzioni o cali di tensione.

Le affermazioni sostenute dall'ESMAP sono condivise anche da Pachauri (2011) che riconosce l'esigenza di adottare una definizione unica e multidimensionale, dandosi che il fatto di essere connessi alla rete non è sufficiente per garantire uno stile di vita dignitoso alle famiglie, ma bisogna considerare anche la quantità e la qualità dell'energia offerta. Stabilire la quantità di energia ottimale per soddisfare i bisogni primari di una famiglia è molto difficile a causa delle numerose differenze che intercorrono tra le varie zone geografiche, come il clima, gli standard di vita, le caratteristiche della rete; gli studi tentano quindi di calcolare la quantità di energia necessaria per fornire alcuni servizi energetici di base come l'illuminazione, la cucina e il riscaldamento. Infine, garantire alle famiglie l'accesso all'energia significa anche offrire un servizio conveniente, economico ed accessibile; una delle principali cause di povertà energetica nelle economie avanzate consiste proprio nella presenza di tariffe troppo elevate (o non proporzionali rispetto al reddito) che impediscono l'utilizzo effettivo dei servizi energetici, nonostante a tutta la popolazione sia garantito l'accesso alla rete.

Secondo Pachauri, Rao, Nagai e Riahi (2012), avere accesso a servizi energetici moderni implica poter utilizzare:

- Le *improved cookstoves*, che possono essere alimentate da svariate fonti meno inquinanti e dannose rispetto a quelle tradizionali come il legname, e che vengono impiegate nelle abitazioni per cucinare o riscaldare l'ambiente;
- L'elettricità, per illuminare e far funzionare apparecchiature sia nelle abitazioni, che nei luoghi pubblici;
- L'energia meccanica, che può essere impiegata in svariati ambiti, dall'agricoltura all'industria, per incrementare la produttività del lavoro.

1.3 L'elettricità nei paesi in via di sviluppo

Soffermandoci sulla situazione dei paesi a basso reddito, garantire l'accesso all'energia significa creare nuove infrastrutture che connettano le abitazioni, potenziare quelle già esistenti che non forniscono una connessione adeguata ed affidabile (ovvero una quantità sufficiente di energia che sia effettivamente utilizzabile per la maggior parte del tempo), fornire tecnologie più efficienti e meno inquinanti alimentate da fonti tradizionali o moderne. Tra queste, l'elettricità merita sicuramente una particolare attenzione, visto il modo in cui ha contribuito alla nascita della società moderna.

Le analisi dell'Agenzia Internazionale dell'Energia⁴ rivelano come attualmente 992 milioni di persone non abbiano accesso all'energia elettrica e che questo fenomeno sia concentrato nelle *developing countries*, in particolare nell'Africa subsahariana e nell'Asia meridionale (vedi *figura 2*). Nella prima, la situazione è critica: nel 2017, solo al 43,3% della popolazione era garantita l'elettricità, nonostante più di 200 milioni l'abbiano ottenuta da inizio secolo (vedi *figura 2* e *figura 3*). Se nel continente africano sono 603 milioni le persone che non hanno accesso all'energia elettrica, nella regione subsahariana se ne concentrano ben 602 milioni! Nigeria, Repubblica Democratica del Congo ed Etiopia sono i paesi con l'ammontare più elevato, rispettivamente 77, 69 e 58 milioni di persone. I dati evidenziano inoltre come questo fenomeno interessi principalmente le zone rurali piuttosto che quelle urbane, con differenze più che significative; in media, il tasso di accesso nelle aree urbane è pari al 74% e scende vertiginosamente al 36% nel caso di quelle rurali. In alcuni paesi, il distacco è ancora più

⁴ Fonte: World Energy Outlook 2018. Disponibile su <<https://www.iea.org/sdg/electricity/>>.

marcato: nel Camerun, per esempio, si passa dal 96 al 19%, in Nigeria dall'80 al 40% nelle zone rurali.

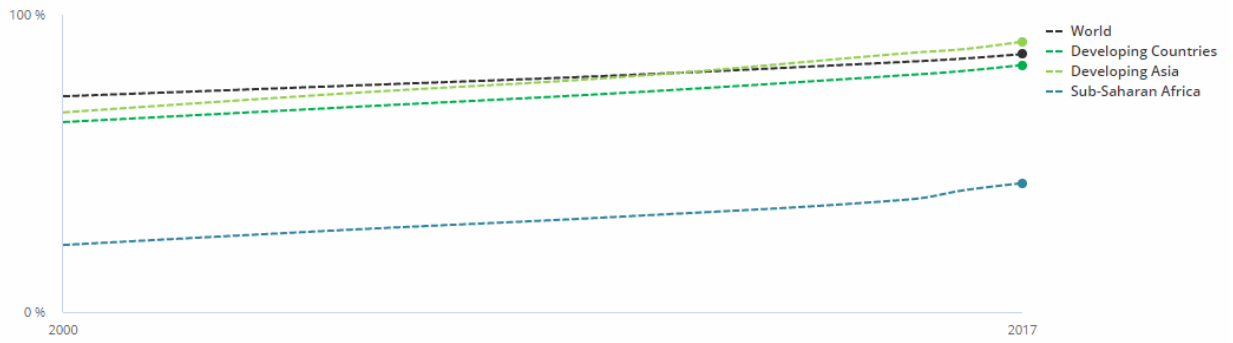
L'Asia meridionale ha invece ottenuto risultati brillanti negli ultimi decenni, come dimostra il tasso di accesso alla rete elettrica del 91% (vedi *figura 2* e *figura 3*), che raggiunge il 100% in Cina, Brunei, Thailandia, Singapore e Sri Lanka. Tuttavia, a causa dell'elevata densità di popolazione nel continente asiatico, il numero di persone a cui manca l'accesso all'elettricità è ancora molto elevato e pari a 351 milioni; di questi, 168 milioni sono concentrati in India, nonostante il tasso di accesso dell'87% e i numerosi programmi avviati dal governo che hanno permesso un incremento di 21 punti percentuali dal 2010 a oggi. La nazione con i dati più preoccupanti resta però la Corea del Nord, in cui solo il 26% della popolazione ha accesso alla rete elettrica, mentre 19 milioni di persone ancora lo attendono.

Figura 2: Accesso all'elettricità nelle Developing Countries

	Rate of access						Population without access (million)
	National				Urban	Rural	
	2000	2005	2010	2017			
WORLD	73%	76%	80%	87%	95%	76%	992
Developing Countries	64%	69%	74%	83%	93%	73%	992
Africa	35%	39%	43%	52%	74%	36%	603
North Africa	90%	96%	99%	100%	100%	99%	<1
Sub-Saharan Africa	23%	28%	32%	43%	67%	28%	602
Developing Asia	67%	74%	79%	91%	98%	85%	351
China	99%	99%	99%	100%	100%	100%	-
India	43%	58%	66%	87%	98%	82%	168
Indonesia	53%	56%	67%	95%	100%	89%	14
Other Southeast Asia	68%	76%	84%	88%	97%	82%	44
Other Developing Asia	38%	45%	58%	76%	88%	68%	125
Central and South America	86%	90%	94%	96%	98%	86%	20
Middle East	91%	80%	91%	92%	98%	78%	18

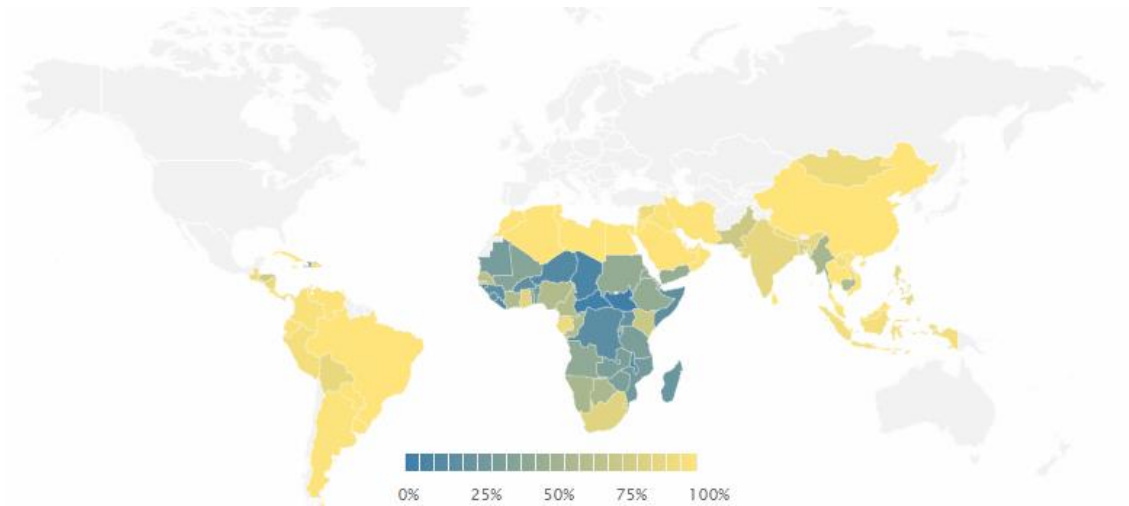
Fonte: World Energy Outlook 2018 – Electricity database, <https://www.iea.org/sdg/electricity/>

Figura 3: Trend di crescita della % di popolazione con accesso all'elettricità 2000-2017



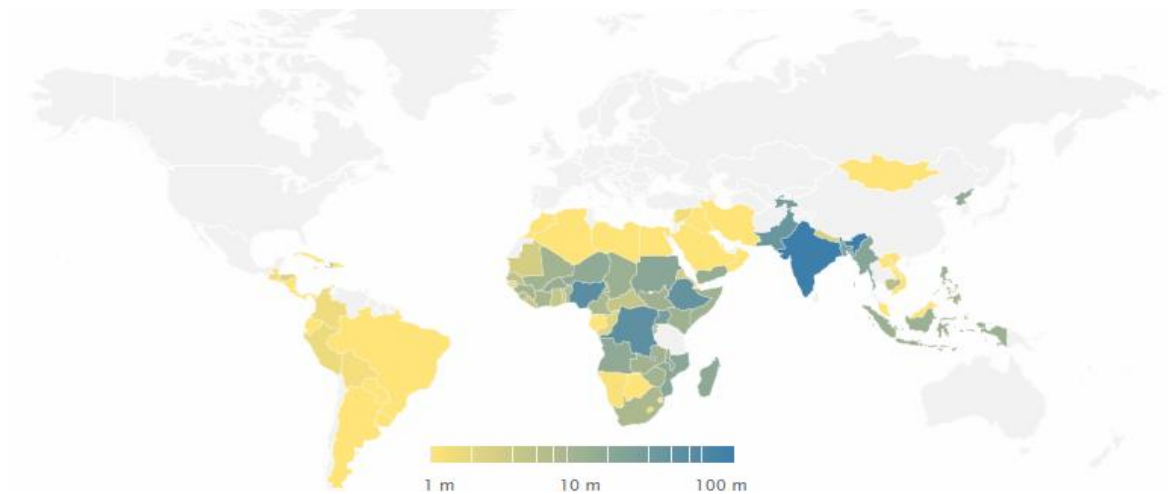
Fonte: <https://www.iea.org/sdg/electricity/>

Figura 4: Percentuale di popolazione con accesso all'elettricità nel 2017



Fonte: <https://www.iea.org/sdg/electricity/>

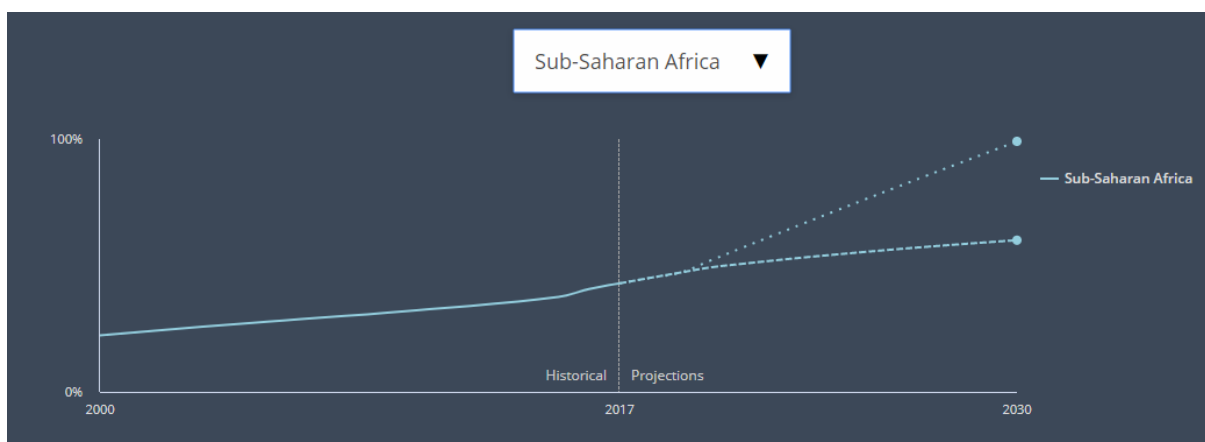
Figura 5: Popolazione senza accesso all'elettricità nel 2017 in milioni



Fonte: <https://www.iea.org/sdg/electricity/>

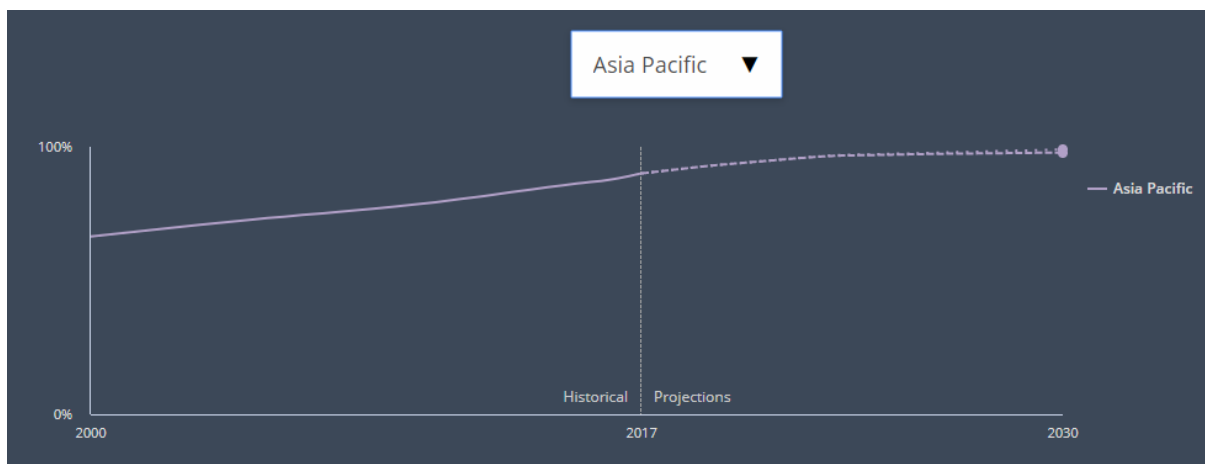
Ma l'obiettivo numero 7 sarà raggiunto entro il 2030? Esistono tre diversi scenari che analizzano quelli che saranno i trend del prossimo decennio, il *Current Policies Scenario* (CPS) il *New Policies Scenario* (NPS) e il *Sustainable Development Scenario* (SDS). Il primo rappresenta la prospettiva peggiore: se non saremo in grado di adottare politiche innovative e sostenibili che sostituiscano quelle attuali, il livello delle emissioni di CO₂ continuerà a crescere, provocando danni irreparabili per il pianeta. Il *New Policies Scenario* prevede l'attuazione di tutti gli interventi annunciati ad oggi dai governi, i quali porteranno ad una riduzione del numero di persone che non hanno accesso all'elettricità, tuttavia senza raggiungere l'obiettivo preposto. Si stima, infatti, che nel 2030 tale ammontare sarà pari a 650 milioni; in particolare solo il 60,59% della popolazione dell'Africa subsahariana (vedi figura 6) potrà utilizzare l'elettricità, contro il 98,82% nell'Asia meridionale (vedi figura 7). Nonostante la regione subsahariana osserverà un consistente aumento del numero di persone con accesso all'elettricità, circa 600 milioni di persone non lo otterranno, a causa della rapida crescita della popolazione. I progressi in Asia saranno, invece, notevoli: l'India riuscirà a garantire l'accesso all'energia a tutti i suoi cittadini intorno al 2025. Secondo il NPS, l'obiettivo 7 non sarà raggiunto a causa della crescita nella domanda di energia delle *developing countries* come l'India, trainata dalla crescita dei redditi e della popolazione, che richiede l'implementazione di nuove *policies* e il miglioramento dell'efficienza energetica. Il *Sustainable Development Scenario* prevede, invece, l'ottenimento dell'accesso universale all'energia entro il 2030, tramite l'attuazione di politiche più aggressive rispetto a quelle promesse ora dai governi. Questo richiederà investimenti doppi rispetto all'altro scenario, stimati intorno ai 51 miliardi di dollari all'anno e focalizzati soprattutto sullo sfruttamento delle energie rinnovabili.

Figura 6: % di popolazione con accesso all'elettricità nell'Africa subsahariana, confronto NPS e SDS



Fonte: <https://www.iea.org/sdg/electricity/>

Figura 7: % di popolazione con accesso all'elettricità nell'Asia meridionale, confronto NPS e SDS



Fonte: <https://www.iea.org/sdg/electricity/>

1.4 Gli strumenti per la distribuzione dell'elettricità

Esistono diverse soluzioni tecniche con cui garantire l'accesso e la distribuzione fisica dell'energia elettrica ad utilizzatori residenziali e commerciali, che possono essere raggruppate in 3 approcci principali:

- La creazione di una rete o l'estensione di quella già esistente (*on-grid access* o *grid extension*);
- La creazione di una rete locale dal basso voltaggio che garantisce la connessione a piccole comunità e che utilizza generatori di piccole dimensioni o è connessa alla rete principale se sufficientemente vicina (*mini-grid access* o *under-grid access*);
- L'utilizzo di singoli generatori che soddisfano le necessità di un'abitazione troppo lontana dalla rete principale (*off-grid access* o *stand-alone systems*).

La creazione della rete è la soluzione più efficace ed economica per le regioni densamente popolate in cui le abitazioni si trovano sufficientemente vicine tra loro e alle infrastrutture ad alto voltaggio, al punto da rendere più conveniente questa soluzione rispetto alle altre grazie allo sfruttamento delle economie di scala. L'energia viene prodotta in questi casi in grandi centrali elettriche che possono essere alimentate da diverse fonti come i combustibili fossili e le risorse rinnovabili; inoltre si tratta di infrastrutture molto potenti che forniscono all'utilizzatore la possibilità di connettere contemporaneamente vari apparecchi. Il *commitment* del governo risulta fondamentale per la realizzazione delle reti elettriche, soprattutto quelle di grandi dimensioni, in quanto esso può finanziare direttamente il progetto o promuovere la collaborazione con il settore privato (*public-private partnership*) - creando un contesto

normativo favorevole. Barnes (2011) identifica, quindi, i tre attori che possono essere coinvolti nella realizzazione delle infrastrutture, ovvero le società elettriche pubbliche, le cooperative rurali e le compagnie distributive private, in quanto trattandosi di infrastrutture estese, complesse e costose, richiedono la presenza di enti consolidati a livello finanziario e tecnico. Dato che l'implementazione di queste soluzioni necessita di investimenti elevati, è conveniente estendere la rete verso le industrie rurali e le aree densamente abitate al fine di sfruttare le economie di scala distribuendo i costi delle infrastrutture su un numero più che proporzionale di persone. Tuttavia, l'estensione della rete elettrica non è l'opzione adatta nelle aree a basso reddito: il costo iniziale che i nuovi utilizzatori devono sostenere per l'allacciamento varia tra i 266 e i 2100 dollari per abitazione e spiega perché i tassi di connessione di alcune aree africane restano bassi nonostante la presenza delle infrastrutture. L'incapacità di pagare delle famiglie e i consumi insufficienti per rendere conveniente la fornitura di energia, sono responsabili degli scarsi ritorni economici attesi nel breve-medio periodo che, correlati all'alto livello di investimento richiesto, rappresentano il principale ostacolo alla realizzazione di questi progetti nelle aree rurali: ciò ha stimolato negli anni lo sviluppo di programmi nazionali di elettrificazione rurale finanziati da investimenti pubblici, come quelli attuati in Brasile, Cina e India⁵.

Le altre soluzioni vengono preferite quando si opera in zone rurali o comunque lontane rispetto alla rete principale per cui il costo di estensione risulta proibitivo. Secondo Kempener et al. (2015), le differenze tra un sistema centralizzato e decentralizzato sono riconducibili a due variabili, le dimensioni, intese sia in termini di copertura che di capacità, e i generatori; le soluzioni decentralizzate si avvalgono, infatti, di generatori locali in grado di soddisfare la domanda in modo autonomo. Nell'Africa subsahariana, per esempio, creare una rete che connetta tutte le abitazioni sarebbe un progetto impraticabile poiché si tratta di un'area con bassa densità di popolazione, in cui le distanze tra i villaggi sono elevate e gli abitanti non possiedono nemmeno un reddito sufficiente per poter pagare le tariffe, di conseguenza la domanda di energia è minore rispetto alle zone urbane. In questi contesti che non soddisfano i requisiti per l'implementazione della rete elettrica, si preferisce optare per i sistemi decentralizzati; inoltre, la scarsa affidabilità e qualità della rete elettrica, spesso soggetta a *blackouts* o cali di tensione anche piuttosto prolungati nel tempo, hanno contribuito al loro sviluppo. Esistono comunque alcuni fattori che possono rendere meno attrattive queste

⁵ Si veda: BONAN, J., PAREGLIO, S., TAVONI, M., 2014. *Access to Modern Energy: a Review of Impacts Evaluations*. Nota di lavoro 96.2014. Milano, Italia: Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponibile su <<https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/access-to-modern-energy-a-review-of-impact-evaluations/>>

soluzioni come il livello di investimenti iniziale, le competenze necessarie per la creazione e la manutenzione del sistema, la scalabilità, la potenza fornita, la creazione di tariffe adeguate e accessibili per la popolazione. Per quanto riguarda la terminologia invece, non vi sono delle distinzioni nette né definizioni universali poiché in alcuni casi gli autori utilizzano l'espressione "off-grids" per indicare i sistemi decentralizzati in generale, includendo sia le *mini-grids* che gli apparecchi per singoli utilizzatori (Kempener et al., 2015; Mazzoni, 2019); il presente lavoro farà riferimento ai termini presentati nella classificazione di inizio paragrafo, in cui per *mini-grids* si intendono le reti decentralizzate, mentre per *off-grids* i singoli generatori.

Le *mini-grids* costituiscono una rete elettrica localizzata per garantire la connessione a molteplici abitazioni entro uno specifico raggio d'azione; si avvalgono di generatori di vario tipo che possono sfruttare le risorse rinnovabili (come i pannelli solari o le turbine eoliche), i combustibili come il diesel o una combinazione dei due. Tipicamente, le più diffuse sono quelle che utilizzano generatori a diesel, soprattutto in Africa, ma lo sviluppo di tecnologie più economiche sta rendendo conveniente anche l'installazione di infrastrutture ibride o completamente sostenibili. Le *mini-grids* possono essere attive in due modalità diverse: sincronizzate ad una rete principale che si occuperà della generazione dell'elettricità o nel cosiddetto *island mode*, quando sconnesse dalla rete principale ed in grado di produrre autonomamente l'energia attraverso dei generatori. Quando la domanda di energia cresce, le *mini-grids* che operano in autonomia possono essere connesse alla rete principale e contribuire alla sua estensione; tale approccio viene utilizzato soprattutto nelle aree che non possiedono i requisiti necessari per la creazione della rete elettrica, di conseguenza si utilizzano le *mini-grids* come uno step intermedio per garantire l'accesso all'energia prima che diventi conveniente investire nella rete. Attualmente, questa soluzione sta suscitando grande interesse nel settore privato soprattutto grazie all'utilizzo di nuovi strumenti finanziari come *pay-as-you-go*⁶, tecnologie più affidabili, minori costi delle energie rinnovabili, programmi di finanziamento e specifiche regolamentazioni che ne facilitano l'implementazione. Nel 2016, per esempio, l'autorità regolatrice delle *public utilities* della Tanzania ha formulato una normativa per la regolamentazione di iniziative cosiddette *small power*, a supporto dello sviluppo delle *mini-grids*: l'obiettivo è quello di incoraggiare la partecipazione dei piccoli produttori attraverso l'eliminazione dei costi di licenza.⁷ Sempre nello stesso anno, lo stato indiano di Uttar Pradesh ha emanato una normativa per incentivare l'adozione delle *mini-grids* che sfruttino le energie rinnovabili al fine di incrementare l'elettrificazione delle aree rurali più lontane dalla rete

⁶ Si veda paragrafo 2.2.

⁷ Si veda:

<http://www.minigrids.go.tz/Files/The_Electricity_Development_of_Small_Power_Projects_Rules_2016.pdf>

principale. Il produttore può ottenere, in questo caso, finanziamenti in conto capitale pari al 30% dell'investimento necessario.⁸

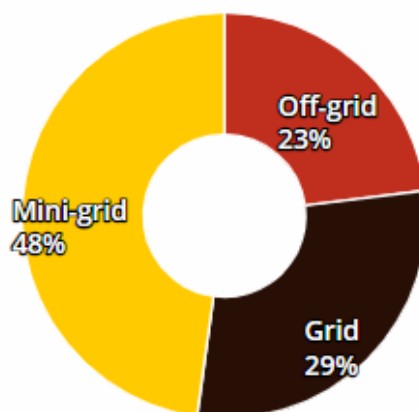
Per quanto concerne le tecnologie *off-grid*, esse vengono impiegate nelle regioni meno popolate e più lontane dalla rete principale anche rispetto alle *mini-grids*. Attualmente, le tecnologie più utilizzate sono generatori diesel o pannelli solari, che risultano più semplici da installare e spostare rispetto alle soluzioni tradizionali, trattandosi di sistemi *small-scale*. I pannelli solari, per esempio, sono di dimensioni variabili e i più semplici, definiti *pico-solar systems*, includono solo una batteria, alcune luci ed un caricatore: si tratta di soluzioni economiche che forniscono l'energia sufficiente a soddisfare i bisogni energetici primari di una famiglia come illuminare l'abitazione o ricaricare i *devices* che non richiedono consistenti quantità di energia; grazie a queste caratteristiche, sono molto diffusi nelle zone rurali africane.

Le tre alternative non si escludono vicendevolmente ma possono essere combinate tra loro offrendo ai governi un ampio spettro di manovra e garantendo così la possibilità di creare un mix specifico che tenga conto delle caratteristiche del contesto in cui viene applicato. La convenienza di una soluzione rispetto alle altre è determinata alla luce di valutazioni sulla densità di popolazione (che implica differenze nella quantità di energia domandata), sulle risorse di cui il paese dispone come fonti energetiche, la conformazione geografica del territorio, le infrastrutture già esistenti, i costi relativi, la domanda corrente di energia e i trend che si prospettano in futuro, le competenze tecniche e il tempo necessario per la creazione delle infrastrutture o degli apparecchi, le tecnologie a disposizione, il sistema istituzionale che può porre sia vincoli ma anche incentivare l'adozione di una delle tre varianti. Per esempio, se compariamo l'estensione della rete con le tecnologie *off-grid*, notiamo come per la prima debbano essere sostenuti investimenti iniziali molto elevati per creare un'infrastruttura estesa che riesca a soddisfare una domanda consistente e garantire una funzionalità costante, tuttavia i costi unitari per l'elettricità sono nettamente inferiori grazie alle economie di scala. Le *off-grids*, al contrario, non richiedono particolari costi di installazione ma i costi unitari risultano più elevati e forniscono un livello di servizio minore rispetto alla rete alla quale possono essere connesse molte più apparecchiature contemporaneamente; tuttavia se consideriamo la tecnologia nel suo complesso, il costo totale è basso rispetto all'insieme di servizi energetici forniti per così poca capacità, il che le rende la soluzione adatta per garantire l'accesso

⁸ Si veda: <[17](https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/india/name-165001-en.php?s=dHlwZT1yZSZzdGF0dXM9T2s,&return=PG5hdiBpZD0iYnJlYWRjcnVtYiIi-PGEgaHJlZj0iLyI-SG9tZTwwYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSlvcG9saWNpZXNhbmRtZWZzdXJlcy8iPiBvbGljaWVzIGFuZCBNZWFzdXJlcwvYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSlvcG9saWNpZXNhbmRtZWZzdXJlcy9yZW5ld2FibGVlbnVyZ3kvIj5SZW5ld2FibGUgRW5lcmd5PC9hPjwvbmF2Pg.,></p></div><div data-bbox=)

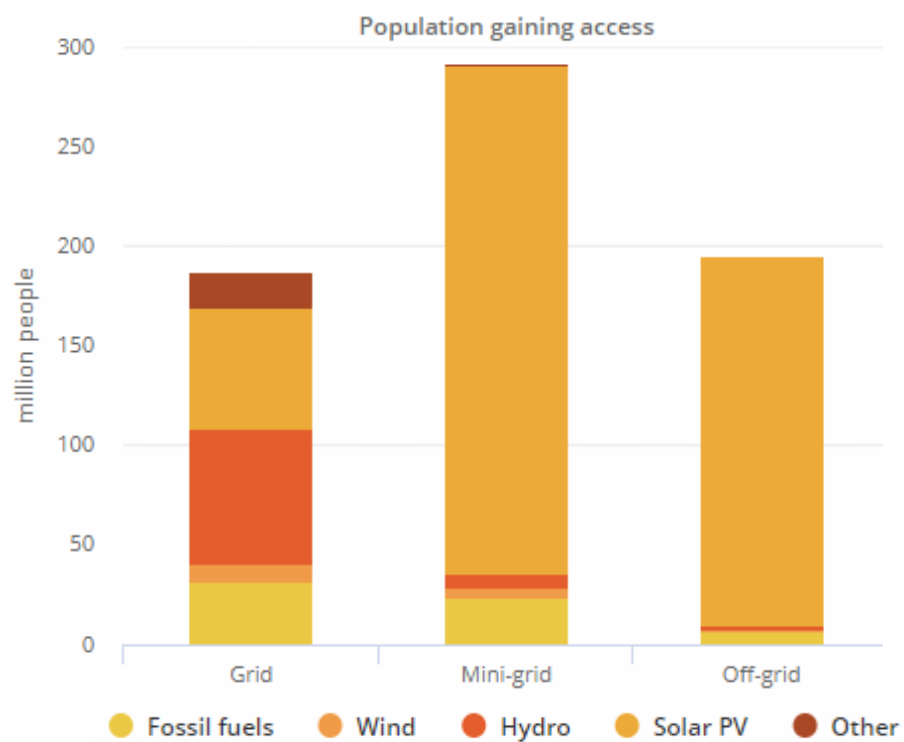
all'elettricità nelle zone più povere del mondo. Per quanto riguarda le tecnologie *off-grid* solari, per esempio, negli ultimi 5 anni si è osservato un crollo vertiginoso nei prezzi pari ad oltre il 50% in termini reali (Quak, 2018), il quale ha permesso una riduzione del costo iniziale; inoltre molte imprese produttrici hanno modificato il proprio modello di business introducendo il metodo *pay-as-you-go*, una modalità innovativa di pagamento che rende l'elettricità accessibile anche alle famiglie più povere. Le dinamiche che di recente hanno caratterizzato il mercato dei sistemi decentralizzati basati sulle energie rinnovabili, come la riduzione dei costi delle tecnologie, la loro crescente affidabilità e l'incremento dei prezzi di diesel e kerosene, hanno reso queste soluzioni "la chiave per garantire l'accesso universale all'elettricità" (IRENA, 2016, p.7). Si stima infatti che le tecnologie *off-grid* e *mini-grid* saranno in grado di soddisfare circa il 70% del fabbisogno addizionale di energia elettrica per raggiungere l'obiettivo entro il 2030, in particolare in Africa, Asia meridionale e America latina (vedi *figure 8 e 9*).

Figura 8: Investimenti per fornire universalmente l'elettricità entro il 2030



Fonte: <https://www.iea.org/access2017/#section-2-4>

Figura 9: Fonti utilizzate per garantire l'accesso universale all'elettricità entro il 2030



Fonte: <https://www.iea.org/access2017/#section-2-4>

2. BARRIERE E SOLUZIONI

2.1 Le tariffe per la connessione alla rete elettrica

Si è dimostrato come i paesi dispongano di varie alternative per garantire l'accesso all'elettricità, tuttavia tale target non è ancora stato universalmente raggiunto, perché?

Bonan, Pareglio e Tavoni (2014; 2016) riconducono al livello delle tariffe la principale barriera all'adozione dell'elettricità per gli utilizzatori residenziali, al punto che anche nelle zone rurali in cui è presente una rete elettrica ad alto o basso voltaggio, alcune famiglie non riescono ad accedere alla connessione perché troppo costosa. Ritorna, quindi, il tema dell'*affordability* che gli autori (2014, p.7) definiscono come “la capacità di un nucleo familiare di essere finanziariamente ed economicamente in grado di accedere e usare l'elettricità”⁹. Tariffe troppo elevate combinate ai bassi redditi dei più poveri rappresentano le principali cause dell'incapacità degli individui di accedere alla rete elettrica; diversi studi dimostrano come questo fenomeno sia concentrato nelle zone rurali dell'Africa subsahariana dove i tassi di connessione restano ridotti nonostante la presenza della rete (Bernard, 2010; Blimpo, McRae e Steinbuks, 2017; Quak, 2018).

Secondo Golumbeanu e Barnes (2013), esistono molteplici ragioni che spieghino il livello troppo elevato delle tariffe, come la mancanza di opzioni finanziarie per rendere i prezzi accessibili alle popolazioni più povere, procedure di appalto inefficaci, maggiore distanza dell'abitazione dal centro delle infrastrutture, quantità consumate insufficienti a giustificare la fornitura di elettricità che risulterà di conseguenza più costosa, debole *commitment* delle *public utilities* interessate più ai grandi consumatori e influenzate da ragioni politiche che le inducono a creare sistemi tariffari incapaci di garantire la copertura dei costi sostenuti. Un'altra motivazione è rappresentata dal livello degli investimenti necessari per l'implementazione delle reti elettriche e per garantire la funzionalità del sistema nel corso degli anni; tale ammontare è particolarmente elevato nei paesi in via di sviluppo e nelle zone rurali, in cui il costo di estensione della rete è troppo alto e, trattandosi di aree non densamente popolate, viene

⁹ Tuttavia si ricorre al termine *affordability* per descrivere un fenomeno tipico delle economie avanzate, in cui la povertà energetica non è legata alla mancanza delle infrastrutture, ma all'incapacità delle famiglie di sostenere il costo delle bollette. Lo stesso concetto si può naturalmente applicare anche ai paesi in via di sviluppo, ma è preferibile utilizzare una terminologia differente. Per approfondire le caratteristiche dell'*affordability* nelle *developed countries* si veda: KESSIDES, I., MINIACI, R., SCARPA, C., VALBONESI, P., 2009. *Toward defining and measuring the affordability of public utility services*. Policy Research working paper, num. WPS 4915. Washington, DC: World Bank. Disponibile su <<http://documents.worldbank.org/curated/en/859201468338935200/Toward-defining-and-measuring-the-affordability-of-public-utility-services>>

distribuito su un numero minore di utilizzatori, generando tariffe elevate che risultano inaccessibili per molte famiglie.

Gli investimenti da sostenere per l'elettrificazione di un'area si suddividono in due componenti, il costo del capitale e i costi operativi. Il costo del capitale è riconducibile alle spese per la creazione delle nuove infrastrutture per la trasmissione e all'incremento della capacità produttiva della rete. I costi operativi sono dati da un costo fisso e un costo variabile; il costo fisso comprende quei valori che non dipendono dalla quantità di energia prodotta, come la manutenzione della linea, mentre il costo variabile rappresenta il costo effettivo dell'energia. Per poter recuperare l'intero investimento, le imprese devono richiedere ai consumatori il costo iniziale per il cablaggio domestico e l'allacciamento alla rete che coprirà il costo del capitale, e una tariffa a due parti che coprirà i costi operativi. La tariffa a due parti, che viene utilizzata tipicamente nei servizi pubblici, si compone di un prezzo fisso f per poter accedere al servizio e un prezzo variabile p a seconda della quantità consumata (la cosiddetta "quota energia"); si tratta quindi di una forma di discriminazione del prezzo di secondo grado: maggiori quantità sono acquistate dal consumatore, minore sarà il prezzo sostenuto per ogni unità consumata.

La tariffa a due parti ottimale è pari a:

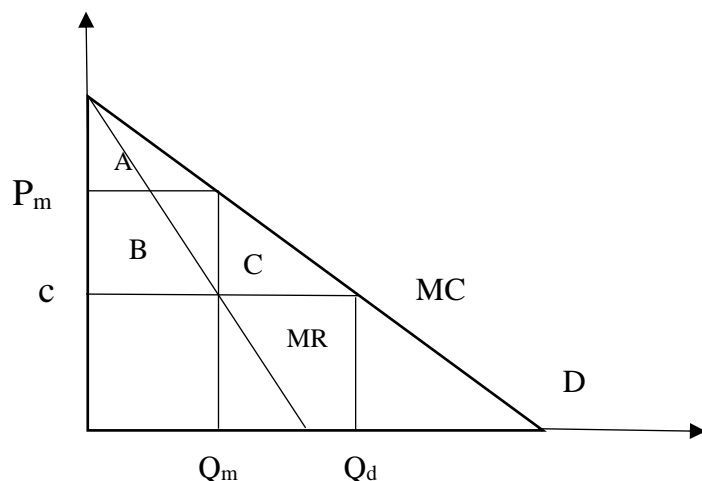
$$\begin{cases} p = c \\ f = CS(p = c) \end{cases}$$

Supponiamo che vi siano consumatori omogenei e che l'impresa monopolista (assetto molto diffuso nel settore di pubblica utilità) abbia costi lineari $c(q) = c \cdot q$. Sapendo che l'impresa ha come obiettivo la massimizzazione del profitto, fisserà la componente fissa f più alta possibile, ma tale per cui i consumatori saranno comunque indotti ad acquistare: $f = CS(p)$, dove CS rappresenta il surplus dei consumatori. La funzione del profitto dell'impresa si compone quindi come segue:

$$\Pi(p, f) = \pi(p) + f = \pi(p) + CS(p)$$

La strategia dell'impresa è fissare il prezzo p più basso possibile (pari al proprio livello di costo c) in modo da stimolare la domanda dei consumatori e massimizzarne il surplus CS , per poi beneficiarne in quanto costo fisso f all'interno della tariffa.

Graficamente:



Il surplus del consumatore:
 $CS = A+B+C$

Tuttavia, se la copertura dei costi sostenuti (costo del capitale + costi operativi) avviene solo attraverso le tariffe per gli utenti finali, i *providers* hanno minore convenienza ad espandere la copertura della rete, il che implica l'esclusione dei più poveri dall'accesso al servizio energetico. Quando si utilizza una combinazione di finanziamenti pubblici (*equity*, debito o sussidi), finanziamenti privati (*equity*, debito o ricavi) e tariffe, è più facile ottenere non solo una copertura maggiore, ma anche una qualità maggiore del servizio. La struttura delle tariffe varia in relazione all'area di riferimento poiché ognuna è caratterizzata da una specifica disponibilità a pagare degli individui, a seconda del loro reddito e delle fonti energetiche a disposizione; tuttavia spesso nei paesi in via di sviluppo i *providers* hanno difficoltà nel formulare delle strutture tariffarie adeguate poiché i livelli di reddito degli individui più poveri sono insufficienti per sostenere queste spese e ciò li spinge a stabilire delle connessioni illegali alla rete. Oppure, accade che i più poveri siano costretti a pagare costi variabili superiori rispetto ad un consumatore medio per avere accesso ad un servizio di bassa qualità, a causa delle difficoltà per i *providers* di coprire tutti gli investimenti necessari che li inducono a formulare strategie di prezzo adatte solamente ai consumatori di grandi quantità di energia.

Secondo Modi, McDade, Lallement, Saghir (2006), Golumbeanu e Barnes (2013), è il costo fisso che i nuovi consumatori devono sostenere inizialmente per l'allacciamento alla rete a rappresentare la prima barriera all'accesso all'elettricità, al punto che spesso esso risulta proibitivo anche per quelle famiglie che sarebbero poi in grado di pagare le bollette mensili, ovvero il costo variabile. I governi o le imprese dispongono, in questo caso, di molteplici alternative: incorporare la maggior parte del costo per la connessione nelle bollette, anche se queste risulteranno naturalmente più elevate; nel caso in cui le pressioni politiche ostacolano questa pratica, si può optare per la distribuzione del costo iniziale su un periodo di tempo più

lungo grazie a soluzioni finanziarie come il microcredito; utilizzare i sussidi incrociati o finanziamenti forniti da banche o ONG, autorizzare piccoli produttori ad operare nella rete, sviluppare sistemi tariffari alternativi (carte prepagate, tariffe comunitarie, tariffe agevolate, tariffe progressive).

Ugualmente Blimpo, McRae e Steinbuks (2017) sostengono che le *electricity connection charges* troppo elevate costituiscano la barriera più significativa all'accesso all'elettricità, in particolare nell'Africa subsahariana, comparandole sia con quelle di altri paesi che rispetto al reddito degli abitanti. L'analisi condotta da questi autori identifica come causa del fenomeno il livello troppo basso delle tariffe regolamentate che non permette di coprire i costi sostenuti per generare e distribuire l'elettricità, i quali risultano particolarmente elevati in Africa. Di conseguenza, i produttori stabiliscono ingenti costi di connessione che tuttavia riducono sia la domanda che il consumo di energia e, contemporaneamente, la capacità di coprire le perdite future dato il numero insufficiente di consumatori che sono stati in grado di sostenere la spesa. Questa dinamica è tipica di molti paesi dell'Africa subsahariana e spiega perché i tassi di connessione restano bassi: quando la tariffa regolamentata è insufficiente per la copertura dei costi variabili dei produttori, ogni nuovo consumatore provoca delle perdite alla *utility* che stabilisce prezzi più elevati che disincentivano la connessione. Se, invece, le tariffe fossero tali da coprire i costi, ci sarebbe convenienza ad aumentare il numero di abitazioni connesse alla rete per incrementare i profitti e, di conseguenza, abbassare la *connection charge* per indurre altri consumatori a connettersi. Tuttavia si tratta di un processo a lungo termine per cui inizialmente la *utility* dovrebbe sostenere delle perdite finché il numero di consumatori non raggiunge una certa soglia. La scelta del livello delle tariffe regolamentate dipende dal gruppo di consumatori che il regolatore considera oggetto delle proprie decisioni: queste tariffe beneficiano coloro che già possiedono una connessione all'elettricità, tipicamente individui ad alto reddito e con un buon livello di istruzione, che sono naturalmente attratti dal basso prezzo. I consumatori che invece desiderano avere una connessione, preferirebbero sostenere minori costi di allacciamento e maggiori prezzi finali. Questa classificazione è correlata a ragioni di natura politica, poiché il primo gruppo di consumatori rappresenta l'insieme degli elettori che il regolatore intende ottenere, quindi crea un sistema tariffario di cui essi possano beneficiare. Gli autori concludono che se il regolatore alzasse il livello delle tariffe al punto da garantire la copertura dei costi, "i distributori avrebbero un incentivo per aumentare il numero delle connessioni" (2017, p.22) riducendo i prezzi finali; nel medio-lungo periodo, questa strategia consentirebbe di creare un bacino di utenti tale da garantire un flusso positivo di ricavi.

In sintesi, le imprese si trovano di fronte ad un *trade-off*: stabilire *connection charges* sufficientemente elevate da coprire i costi per il servizio offerto che contemporaneamente non risultino inaccessibili a nuovi potenziali consumatori. Il prezzo troppo elevato dell'elettricità non danneggia infatti solo le famiglie, ma anche le imprese che non saranno in grado di sfruttare le economie di scala derivanti dai consumatori aggiuntivi e, quindi, otterranno profitti negativi.

2.2 La digitalizzazione e l'accesso all'elettricità: il modello *pay-as-you-go*

La scelta delle imprese produttrici e distributrici di stabilire prezzi finali troppo elevati rispetto alla capacità di spesa degli individui, è direttamente correlata al livello degli investimenti che esse devono sostenere, soprattutto nel caso di estensione della rete elettrica nelle aree rurali in cui la densità di popolazione si riduce. L'implementazione degli strumenti necessari a favorire l'accesso all'elettricità e, più in generale, all'energia al fine di conseguire l'obiettivo 7 entro il 2030, richiede infatti investimenti elevati: l'Agenzia Internazionale dell'Energia stima che saranno necessari tra i 30 e i 51 miliardi di dollari all'anno solamente per garantire l'accesso universale all'elettricità (a seconda che si tratti del *New Policies Scenario* o del *Sustainable Development Scenario*), per un totale che varia tra i 360 e i 612 miliardi di dollari.

Tariffe troppo elevate o aree in cui il costo di estensione della rete risulta proibitivo, costringono le famiglie ad utilizzare fonti energetiche poco affidabili, costose e dannose sia per la salute, che per l'ambiente. La necessità è, quindi, quella di combinare le esigenze delle famiglie attraverso strumenti finanziari che rendano la connessione accessibile, con le esigenze delle imprese di implementare progetti profittevoli; come già citato nel *paragrafo 1.4*, le numerose difficoltà nella realizzazione delle reti elettriche ed il fatto che i tassi di connessione rimangano bassi anche in aree in cui la copertura viene garantita, hanno determinato lo sviluppo di strumenti decentralizzati *off-grid* o *mini-grid*, che saranno determinanti per garantire l'accesso universale all'energia. Tuttavia le compagnie produttrici delle tecnologie *off-grids* ad energia solare hanno osservato che, nonostante si trattasse di una soluzione meno costosa, il costo iniziale risultava comunque troppo elevato per le famiglie più povere, spesso residenti nelle aree rurali in cui queste tecnologie dovrebbero avere maggiore diffusione. Le compagnie hanno allora adottato il modello *pay-as-you-go* (PAYG), un metodo di pagamento basato su un piano rateale che rende le tecnologie *off-grid* accessibili e per questo particolarmente diffuso nell'area subsahariana. PAYG è infatti adatto alle esigenze degli individui con basso reddito perché garantisce loro la massima flessibilità: essi accedono ai servizi energetici soltanto previo pagamento, il quale può essere sospeso in qualsiasi momento senza penali; il sistema si attiva

solo quando il pagamento viene ricevuto e si spegne automaticamente quando questo non viene effettuato, permettendo agli individui senza entrate regolari di accedere comunque all'elettricità. Il metodo PAYG rappresenta, quindi, uno schema di finanziamento del consumatore che può essere configurato come un modello *rent-to-own*, l'opzione più diffusa, oppure come un servizio. Nel primo caso, la compagnia richiede il pagamento di un deposito iniziale (pari al 5-15% del valore complessivo del sistema), seguito da rate mensili o addirittura giornaliere del valore inferiore a 1 dollaro finché, raggiunto un certo ammontare, il consumatore diventa proprietario del *device*. Tuttavia secondo Mazzoni (2019), se confrontiamo il totale complessivo delle spese sostenute con il caso del pagamento in un'unica soluzione, il primo risulta in media superiore del 20-40%; tale differenza è dovuta al fatto che, trattandosi di uno schema di finanziamento, la compagnia deve sostenere diversi costi finanziari, come la valutazione del rischio del consumatore, i quali vengono distribuiti sulle rate, nonché le commissioni per l'utilizzo dei servizi di *mobile money*. Le compagnie diventano quindi fornitrici di veri e propri servizi finanziari, il che richiede l'implementazione di un sistema di gestione adatto alle loro nuove esigenze. Sfruttando la trasformazione digitale che sta avvenendo anche nel settore energetico, le imprese produttrici di tecnologie *off-grid* solari si avvalgono di piattaforme software che forniscono quattro servizi base in un'unica soluzione: raccolta e gestione dei pagamenti, gestione dei prodotti e servizi offerti, gestione della relazione con il consumatore e raccolta e analisi dei dati; queste piattaforme PAYG facilitano la distribuzione dei loro prodotti nelle aree rurali. Il secondo modello è, invece, simile ai tradizionali contratti di locazione nei quali il consumatore paga una tariffa per usufruire del prodotto come servizio per un periodo di tempo proporzionale all'importo versato, senza mai diventarne veramente proprietario. In ogni caso, le strategie di prezzo vengono formulate dalle imprese in modo da rendere queste soluzioni non solo accessibili a nuovi potenziali consumatori, ma anche convenienti, poiché ricalcano il valore delle spese giornaliere per fonti energetiche alternative come il kerosene e il diesel. Il metodo PAYG, quindi, non garantisce semplicemente la possibilità di accedere all'energia elettrica a prezzi abbordabili e flessibili, ma permette di migliorare la vita delle persone nella sua totalità, per esempio sostituendo fonti energetiche più costose e inquinanti come il kerosene, responsabili dell'inquinamento domestico dell'aria che provoca danni consistenti alla salute, soprattutto in neonati e bambini; queste dinamiche verranno approfondite nel capitolo seguente. Un altro beneficio per il consumatore è il basso livello di rischio dell'investimento, dandosi che la compagnia avrà interesse a mantenere i dispositivi attivi e funzionanti per ottenere i pagamenti; ciò instilla nel consumatore una maggiore fiducia nel fatto che si tratti di un servizio sicuro e che, in ogni caso, il pagamento può comunque essere interrotto se egli non è soddisfatto.

Le modalità di pagamento variano a seconda della regione in cui opera l'impresa e della copertura della rete cellulare e sono riconducibili a tre varianti, quelle basate sul *mobile money*, le *off-network* e le soluzioni ibride. La crescente digitalizzazione del settore energetico ha stimolato la diffusione dei sistemi PAYG che sfruttano la rete mobile per effettuare i pagamenti, il cosiddetto *mobile money*, per due semplici motivi: in molte zone dell'Africa il numero di persone che possiedono un cellulare è superiore rispetto a quelle che hanno accesso all'elettricità e la rete mobile risulta più estesa rispetto a quella elettrica. Queste caratteristiche hanno reso "l'Africa il leader mondiale nel *mobile money*" (Mazzoni, 2019, p.8), tanto che le maggiori società telefoniche hanno a poco a poco sostituito il sistema bancario tradizionale; in questo modo anche le famiglie con redditi troppo bassi per accedere ai servizi finanziari hanno ottenuto un *mobile money account*. Il modello di pagamento *on-network* risulta, quindi, il più diffuso tra le imprese produttrici di tecnologie *off-grid* nell'Africa subsahariana. Il consumatore deve semplicemente effettuare il pagamento tramite una piattaforma *online* e, quando l'impresa che fornisce il servizio PAYG ne riceve la conferma, il sistema si attiva automaticamente poiché sfrutta la tecnologia *machine-to-machine* che lo mantiene sempre connesso alla rete mobile e, quindi, monitorato; il sistema resta attivo per un tempo proporzionale all'importo pagato. Il fatto che il prodotto sia costantemente connesso alla rete garantisce al *provider* la possibilità di tracciare un profilo del consumatore, combinando lo storico dei servizi acquistati con i livelli di consumo attuali, per capire come evolverà la domanda di energia nell'area di riferimento e contemporaneamente avere informazioni sulle *performance* del prodotto. La seconda variante è un modello di pagamento definito *off-network* poiché il sistema non utilizza la connessione M2M e, di conseguenza, non richiede la rete mobile per essere attivato, ma è dotato di un'unità di controllo con una tastiera sulla quale dovrà essere digitato un codice di attivazione. Per ottenere il codice, il consumatore può acquistare delle tessere prepagate presso il rivenditore oppure utilizzare il servizio di *mobile money*; il rivenditore opera attraverso negozi fisici, quindi questa soluzione è sicuramente più costosa e difficile da praticare nelle zone remote. La terza è un'opzione ibrida perché da un lato non richiede la presenza della rete mobile per mantenere il *device* sempre connesso, dall'altro però quando questo viene attivato trasmette dati sul suo funzionamento; il pagamento viene effettuato in questo caso tramite una rete di agenti che riceve direttamente il denaro dagli utilizzatori e si occupa dell'attivazione del sistema.

Tra tutti i prodotti *off-grid* venduti utilizzando il metodo PAYG, quelli che sfruttano l'energia solare sono attualmente i più diffusi: secondo le analisi di GOGLA (*Global Off-Grid Lighting Association*), infatti, nel secondo semestre del 2018 ne sono stati venduti ben 950000 solo con il metodo PAYG, per un valore di quasi 165 milioni di dollari. Il maggior numero di vendite è

stato registrato in Kenya, la prima nazione ad adottare il metodo PAYG grazie alla presenza di un solido settore di *mobile money* nonché un mercato di soluzioni *off-grid* ad energia solare molto competitivo, per un ammontare pari a più di 300000 unità ovvero il 31,59% delle vendite mondiali, per un valore di oltre 58 milioni di dollari. In generale, si osserva che questi prodotti sono largamente diffusi in Africa dove molte aree non possono essere raggiunte dalla rete elettrica ma, soprattutto, per la costante presenza di luce solare. Le soluzioni *off-grid* ad energia solare sono classificabili in tre categorie: lanterne portatili, sistemi con luce multipla e sistemi solari residenziali; le prime rappresentano la versione più semplice che comprende un pannello solare, una batteria, una luce e un caricabatterie, poi a mano a mano aumentano la capacità e il numero di servizi offerti dal prodotto, con la possibilità di collegare apparecchi che richiedono una fornitura continua di energia come i televisori, i ventilatori, le radio. Un esempio è rappresentato da “*Quad*”, uno dei prodotti di *Azuri*, l’impresa inglese leader nel mercato delle tecnologie solari *pay-as-you-go* che dal 2012 garantisce l’accesso all’elettricità in 12 paesi dell’Africa subsahariana (vedi *figura 10*); la soluzione più avanzata attualmente disponibile sul mercato è invece “*Raygo*” che è stata sviluppata da *Plug The Sun*, *joint venture* di *Fastpower* e dell’italiana *Enerray*: tra le caratteristiche principali del prodotto vi è proprio il design tutto italiano (vedi *figura 10*).

Figura 10: "Quad" e "Raygo"



Fonti: <https://www.azuri-technologies.com/products/#quad>; <https://www.plugthesun.com/off-grid-solutions/pay-as-you-go/>

2.3 Lighting Kenya

Le tecnologie *off-grid* ad energia solare costituiscono la migliore soluzione per garantire l'accesso all'elettricità nelle aree sprovviste di una rete elettrica; per questo la Banca Mondiale e l'*International Finance Corporation* (IFC), la più grande istituzione per lo sviluppo del settore privato nelle *developing countries*, hanno sviluppato *Lighting Global*, una piattaforma per supportare la crescita del mercato *off-grid* solare a livello globale, riducendo il rischio per il *first-mover* e mobilitando gli investimenti da parte delle compagnie private. Tra i vari servizi offerti, si occupa di fornire supporto per ottenere i capitali necessari per il funzionamento e la crescita di questo mercato, facilitando l'accesso ai prodotti finanziari. *Lighting Global* opera in Africa, Asia e in stati in situazione di conflitto attraverso specifiche divisioni e anche con programmi a lungo termine, come quelli implementati in Kenya.

Lighting Kenya nasce nel 2007 e, fino al 2018, ha permesso a 9,8 milioni di persone di accedere ad un servizio energetico di base grazie a prodotti *off-grid* ad energia solare, che rendono questa nazione il leader globale nell'utilizzo di tali tecnologie. La realizzazione del progetto ha richiesto il confronto con due sfide fondamentali: la mancanza di fondi nella *supply chain* e la difficoltà nel raggiungere le famiglie più isolate, localizzate nelle zone rurali e incapaci di sostenere i costi iniziali. Come già affermato nei paragrafi precedenti, la soluzione ottimale prevede la collaborazione con le istituzioni finanziarie per l'utilizzo di strumenti come il microcredito o di sistemi di pagamento innovativi come *pay-as-you-go*; tale collaborazione si basa sull'affidabilità dei prodotti venduti che viene garantita da un sistema di standards di qualità e che assicura che il consumatore continuerà ad effettuare i pagamenti richiesti. Nel 2018 la Banca Mondiale e il Governo del Kenya hanno lanciato KOSAP, *Kenya Off-Grid Solar Access Project for Underserved Counties*, un nuovo progetto che ha l'obiettivo di fornire l'accesso all'elettricità con soluzioni *off-grid*, *mini-grid* e *improved cookstoves* sia alle abitazioni che alle istituzioni pubbliche che si trovano nelle aree meno servite della nazione, contribuendo all'eliminazione della povertà. Il progetto sarà attivo fino al 2023 e prevede un finanziamento di 150 milioni di dollari da parte dell'Agenzia Internazionale per lo Sviluppo, un'istituzione della Banca Mondiale che fornisce i fondi necessari a sostenere i programmi per aiutare le nazioni più povere del mondo. KOSAP stimola le imprese fornitrici dei prodotti ad energia solare ad espandersi anche nelle contee più remote e meno servite, attraverso incentivi come i finanziamenti basati sui risultati o la concessione di prestiti. Questi strumenti vengono utilizzati per compensare il costo iniziale e il costo opportunità dell'impresa per l'espansione, nonché per il finanziamento dei consumatori.

3. LE DINAMICHE ECONOMICHE, SOCIALI E AMBIENTALI

3.1 Il mercato del lavoro e le attività produttive: stimolare la crescita del reddito

L'accesso all'energia moderna, pulita e affidabile, è un mezzo per ridurre l'incidenza della povertà energetica, che limita fortemente lo sviluppo economico e sociale delle popolazioni che affligge. A livello delle singole abitazioni, l'energia permette infatti di definire una nuova ripartizione del tempo, riducendo le ore dedicate alla raccolta/acquisto dei combustibili e alla preparazione dei pasti, e incrementando quelle lavorative, educative o di svago. Inoltre, l'energia può essere impiegata per aumentare la produttività delle attività agricole, industriali e commerciali, o creare nuovi business: queste dinamiche evidenziano come essa rappresenti un'opportunità di crescita del reddito e, quindi, di miglioramento del benessere delle famiglie.

Gli effetti dell'elettrificazione sul mercato del lavoro sono connessi a due meccanismi, il primo legato alla migliore ripartizione del tempo, l'altro all'estensione della giornata grazie all'illuminazione che permette di lavorare anche dopo il tramonto. Le evidenze empiriche rivelano, infatti, che l'accesso all'elettricità genera un incremento del tasso di occupazione, soprattutto di quello femminile, incentivando la partecipazione delle donne alle attività economiche dandosi che sono quasi esclusivamente loro a dedicarsi alla raccolta dei combustibili, un'attività che può richiedere da 1 a 5 ore al giorno, e a cucinare. Altro effetto positivo è quello sull'offerta di lavoro che diventa significativamente più elevata grazie all'estensione della giornata lavorativa: i membri della famiglia possono svolgere le attività domestiche la sera e trascorre le ore di luce lavorando fuori dall'abitazione. Lo studio condotto in Tanzania da Aevarsdottir, Barton e Bold (2017) riporta evidenze empiriche a sostegno dell'impatto dell'elettrificazione rurale sull'offerta di lavoro degli adulti e sul reddito; si è osservato che nelle famiglie equipaggiate con una tecnologia solare di piccole dimensioni le ore di lavoro sono cresciute di circa il 19% e con esse anche la partecipazione al mercato del lavoro, come dimostra l'incremento del 16% nel numero di donne che guadagnano lavorando fuori dalle abitazioni. Per quanto riguarda il reddito invece, si osserva una differenza positiva del 25% nelle famiglie che hanno accesso all'elettricità, imputabile al maggior numero di ore dedicate ad attività lavorative.

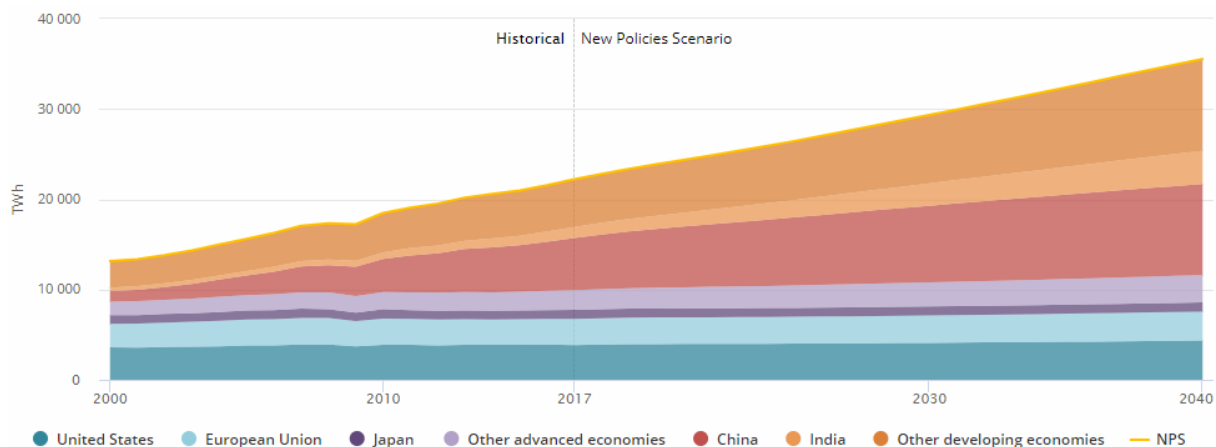
L'incremento delle ore dedicabili al lavoro e all'istruzione correlato ad una maggiore partecipazione al mercato del lavoro, generano effetti positivi sul reddito, derivanti in molti casi da attività non agricole. La crescita del reddito è determinata, inoltre, dalla riduzione delle spese per l'illuminazione: una ricerca condotta da *SolarAid* in alcune nazioni africane rivela come l'acquisto di una tecnologia *off-grid* solare abbia permesso al 71% delle famiglie coinvolte di

ottenere una riduzione della spesa energetica, garantendo un risparmio di 60 dollari all'anno e riducendo l'incidenza delle spese settimanali sul reddito complessivo dal 9 al 2%. L'utilizzo del metodo *pay-as-you-go* per l'acquisto delle tecnologie solari contribuisce a questo risparmio perché per lo stesso livello di spesa offre una quantità di energia più elevata, affidabile e pulita; inoltre la vita attesa di questi prodotti è nettamente superiore rispetto alle lampade al kerosene, quindi l'investimento iniziale può essere ripartito su un periodo di riferimento più lungo. Tuttavia è necessario specificare che le minori spese per accedere all'energia si osservano solo nel caso in cui si utilizzino sistemi decentralizzati; la connessione alla rete elettrica produce, invece, l'effetto opposto.

Assicurare lo sviluppo economico e sociale alle *developing countries* attraverso l'accesso universale all'energia significa anche che in parte questa dovrà essere impiegata nelle attività produttive. L'energia rappresenta, infatti, il motore di ogni economia poiché permette il funzionamento e lo sviluppo di tutti i settori, dall'agricoltura al commercio, dall'industria ai trasporti; inoltre è da sempre considerata la base di partenza per il processo di industrializzazione di una nazione, tant'è che l'impiego dell'energia meccanica ha permesso l'evoluzione del paradigma economico da agricolo a industriale. L'accesso ad un servizio energetico moderno è, di conseguenza, un elemento cruciale per stimolare questa transizione. Data l'elevata quantità di energia necessaria per il funzionamento, la presenza delle industrie può stimolare i produttori di energia ad investire nella creazione delle reti elettriche che altrimenti non sarebbero convenienti; ciò incentiva l'estensione della rete alle abitazioni e imprese circostanti, le quali beneficiano di una connessione con potenza ed affidabilità maggiori. Tuttavia nelle *developing countries* il settore agricolo mantiene una forte importanza sia come fonte di occupazione, sia come determinante del PIL, per questo impiegare l'energia per farne crescere la produttività può generare molteplici benefici, soprattutto nella regione dell'Africa subsahariana, in cui si utilizzano ancora tecniche arretrate e manuali. In questo contesto è quindi importante sia creare infrastrutture adeguate, che occuparsi della formazione degli agricoltori per sfruttare al meglio le nuove tecnologie.

Garantire l'accesso universale all'elettricità stimolerà, quindi, la rapida crescita economica delle *developing countries* che, di conseguenza, provocherà un incremento della quantità domandata, dandosi che l'aumento del reddito consentirà alle famiglie di acquistare più beni e servizi. L'Agenzia Internazionale dell'Energia stima che gran parte della nuova domanda di elettricità a livello globale sarà infatti riconducibile a queste nazioni (vedi *figura 11*).

Figura 11: Domanda di elettricità nel New Policies Scenario



Fonte: <https://www.iea.org/weo2018/electricity/>

3.2 Impatto sulla salute

L'accesso all'energia genera, inoltre, benefici diretti e indiretti sulla salute delle persone; i primi si ottengono quando l'energia viene garantita a livello della singola abitazione e quindi ne potrà beneficiare solo la famiglia che vi risiede, i secondi invece riguardano l'intera comunità perché dipendono dal miglioramento delle strutture sanitarie che potranno di conseguenza offrire cure ed assistenza più efficaci a tutti i residenti.

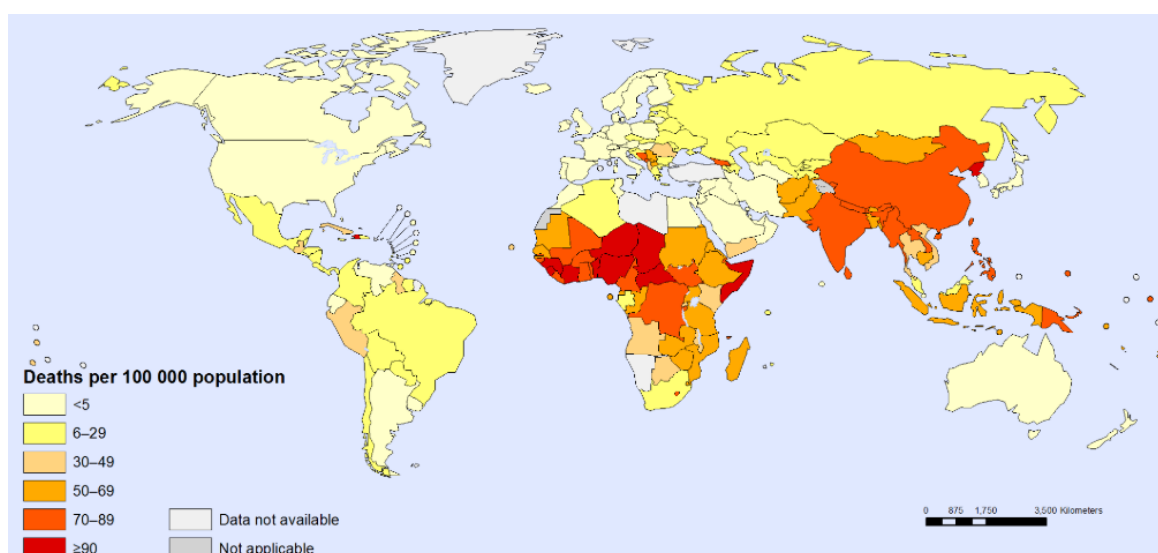
I benefici diretti sono determinati da quattro fattori:

- la sostituzione dei sistemi di cottura tradizionali, che utilizzano combustibili solidi e kerosene, con sistemi più efficienti e meno inquinanti. Questi si distinguono per differenze a livello tecnico, le quali variano dalla semplice introduzione di canne fumarie fino alle più complesse *improved cookstoves*, oppure per l'utilizzo di fonti energetiche alternative come l'elettricità.
- la sostituzione di candele e lampade a kerosene con quelle elettriche;
- l'introduzione di sistemi di riscaldamento;
- l'introduzione di frigoriferi per garantire una migliore conservazione degli alimenti.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, ogni anno 3,8 milioni di persone muoiono prematuramente a causa dell'inquinamento domestico dell'aria (*Indoor Air Pollution* o IAP) provocato da combustibili solidi e kerosene utilizzati in modo inefficiente per la cottura degli alimenti. Infatti, durante la combustione, queste fonti energetiche liberano sostanze dannose per il corpo umano che causano malattie ai polmoni e al cuore; tra queste, le più frequenti sono

polmonite e cardiopatia ischemica, responsabili del 54% delle morti. Le principali vittime dell'inquinamento domestico sono donne e bambini poiché trascorrono molto tempo in casa, soprattutto per cucinare, restando anche esposti al rischio di gravi incendi causati dall'utilizzo di fuochi aperti o di tecnologie obsolete per cucinare, riscaldare o illuminare le abitazioni. L'energia contribuisce, quindi, alla riduzione dell'inquinamento domestico dell'aria e, di conseguenza, al rischio di insorgenza delle malattie ad esso legate che possono portare anche alla morte; analizzando la *figura 12*, osserviamo infatti una forte correlazione tra le aree in cui l'accesso all'energia non è garantito e quelle in cui le morti dovute a IAP sono più diffuse, con una particolare concentrazione nell'Africa subsahariana. Barron e Torero (2013) forniscono la prima evidenza empirica a sostegno dell'impatto positivo che l'elettrificazione delle abitazioni ha sulla qualità dell'aria.

Figura 12: Morti causate dall'inquinamento domestico dell'aria nel 2016



Fonte: Organizzazione Mondiale della Sanità

<http://gamapserv.who.int/mapLibrary/app/searchResults.aspx>

L'energia viene inoltre utilizzata per attivare i sistemi di riscaldamento ed i frigoriferi, i quali riducono il rischio di intossicazione alimentare e di malnutrizione, che è una delle principali cause di morte nei bambini di età inferiore ai 5 anni. Alcuni studi rivelano anche come l'elettricità sia negativamente correlata alla fertilità: le informazioni veicolate tramite televisioni, cellulari, pc e altri *devices* permettono alle famiglie più povere di assumere maggiore consapevolezza sui rischi legati alla mortalità infantile e alle malattie sessualmente

trasmissibili, mentre la luce permette di dedicare più tempo alle attività ricreative, anche negli spazi di aggregazione locali.¹⁰

Un altro modo in cui l'elettricità contribuisce alla tutela della salute è garantendo l'operatività delle strutture sanitarie, per esempio fornendo l'illuminazione, l'energia necessaria per il funzionamento dei frigoriferi usati per la conservazione di farmaci e vaccini, nonché di tutte le apparecchiature per sterilizzare gli strumenti e per la cura del paziente. Nell'area subsahariana, per esempio, sono molte le strutture che non hanno accesso all'elettricità, tanto che medici e operatori sanitari sono costretti ad utilizzare torce e lampade al kerosene per l'illuminazione; in altri casi, la qualità dell'elettricità fornita è così scarsa da provocare il deterioramento dei vaccini. Infine, l'accesso all'elettricità è necessario per fornire adeguata assistenza alle donne durante il parto, contribuendo alla riduzione del tasso di mortalità infantile e materna.

3.3 Impatto ambientale ed emissioni di CO₂

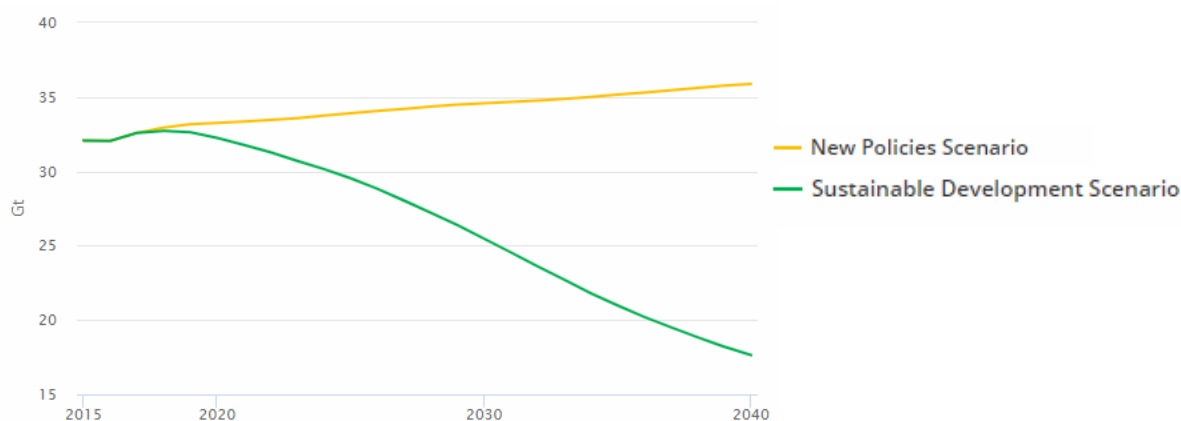
L'utilizzo delle *improved cookstoves* e di fonti energetiche alternative è determinante non solo per la riduzione delle malattie causate dall'inquinamento domestico dell'aria, ma contribuisce anche alla tutela dell'ambiente. Infatti, i metodi di cottura tradizionali basati sulla combustione delle biomasse e, in particolare, del legname sono i principali responsabili della deforestazione, che determina a sua volta l'erosione del suolo; le *improved cookstoves* permettono inoltre di sostituire queste fonti energetiche la cui combustione incompleta produce il *black carbon*, una polvere di carbonio che compone la materia particolata presente nell'atmosfera. Il *black carbon* è, infatti, considerato il secondo maggior contribuente al riscaldamento climatico dopo l'anidride carbonica, perché causa l'innalzamento della temperatura delle superfici su cui si deposita: essendo una particella microscopica, può facilmente essere trasportato dal vento fino a raggiungere i ghiacciai e provocarne lo scioglimento. A differenza della CO₂, il *black carbon* rimane sospeso nell'atmosfera per pochi giorni o qualche settimana, quindi una sua riduzione produce benefici immediati per l'ambiente.

Conseguire l'obiettivo 7 entro il 2030 porterà naturalmente ad un incremento della quantità di energia domandata e consumata ma, secondo Chakravarty e Tavoni (2013), questo non avrà impatti significativi sul cambiamento climatico. L'analisi condotta dagli autori stima quale sarà

¹⁰ Si veda: BURLANDO, A., 2014. *Power Outages, Power Externalities, and Baby Booms*. Disponibile su <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2332378>
GRIMM, M., SPARROW, R., TASCIOTTI, L., 2015. Does Electrification Spur the Fertility Transition? Evidence From Indonesia. *Demography*, vol. 52 (2015), issue 5, pp. 1773–1796. Disponibile su <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13524-015-0420-3>>

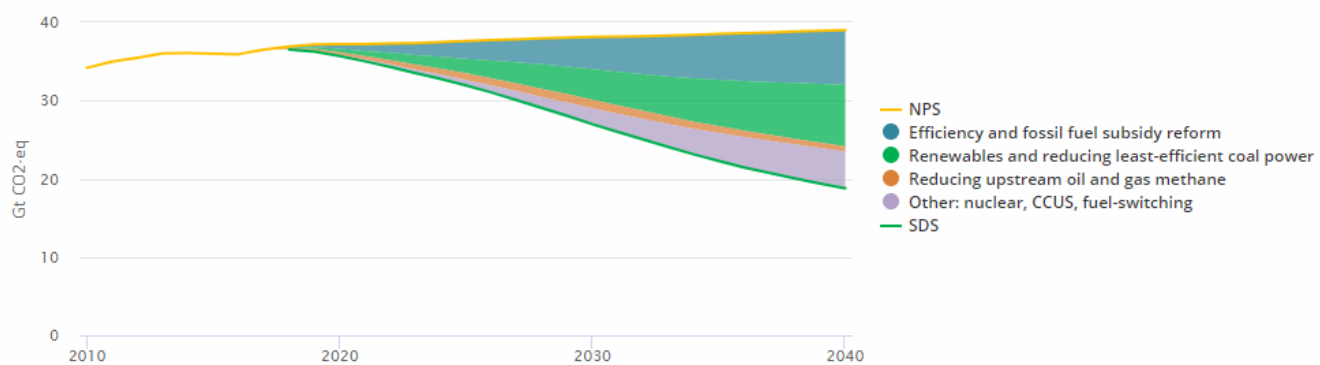
la quantità aggiuntiva di emissioni di CO₂ in due differenti scenari, il primo in cui l'energia viene prodotta utilizzando fonti rinnovabili, il secondo i combustibili fossili; il risultato è che, in entrambi i casi, l'effetto sulla temperatura globale è decisamente limitato, con un innalzamento inferiore a 0,13°C. Le emissioni aggiuntive di CO₂ generate per soddisfare la nuova domanda di energia saranno infatti compensate dalla riduzione nell'utilizzo delle biomasse e dei combustibili fossili, dall'introduzione di tecnologie più efficienti e da un maggiore utilizzo delle energie rinnovabili. Per esempio, sostituire le lampade al kerosene con le tecnologie *off-grid* ad energia solare permette di ridurre le emissioni di *black carbon* in maniera drastica: *Lighting Global* stima che i prodotti venduti in Africa e in Asia tra il 2000 e il 2015 hanno permesso un risparmio dell'equivalente di 4,2 milioni di tonnellate di CO₂, mentre *SolarAid* sostiene che essi garantiscano ad ogni famiglia una riduzione del kerosene utilizzato pari al 77%, che corrisponde a sua volta ad una riduzione delle emissioni di CO₂ di circa 123 kg all'anno.

Figura 13: Emissioni di CO₂ legate all'energia



Fonte: <https://www.iea.org/weo2018/>

Figura 14: Riduzione delle emissioni di CO₂ e metano



Fonte: <https://www.iea.org/weo2018/>

Conclusione

La diffusione della povertà e i cambiamenti climatici rappresentano due delle principali sfide che l'umanità ha dovuto fronteggiare negli ultimi decenni e alle quali i governi e le organizzazioni sovranazionali cercano disperatamente di trovare soluzione. L'accesso a servizi energetici moderni, affidabili e puliti è la chiave per garantire contemporaneamente l'eliminazione della povertà e la tutela dell'ambiente. Si è dimostrato, infatti, che i paesi a basso reddito, situati principalmente nell'Africa subsahariana, sono quelli in cui il fenomeno della povertà energetica è particolarmente diffuso, il che contribuisce ad ostacolare lo sviluppo di queste economie. Numerose evidenze empiriche suggeriscono che l'accesso all'energia elettrica determina importanti cambiamenti nel mercato del lavoro, come la crescita dell'occupazione e del reddito delle famiglie, i quali interessano principalmente le donne, che possono ridurre le ore dedicate alla raccolta delle biomasse o alla preparazione dei pasti. Non solo, l'energia elettrica e l'adozione di stufe migliorate contribuiscono a ridurre l'insorgere di malattie causate dall'inhalazione di fumi prodotti dai combustibili utilizzati come fonti energetiche (in particolare legname e kerosene) e, contemporaneamente, ridurre le emissioni di *black carbon* e CO₂, ovvero le principali determinanti del riscaldamento globale.

Nel conseguimento dell'obiettivo 7, i sistemi decentralizzati giocheranno un ruolo fondamentale, dandosi che le caratteristiche delle aree rurali rendono l'estensione della rete un'opzione non praticabile e che in molti casi le infrastrutture già esistenti non forniscono un servizio affidabile. La riduzione nel costo delle energie rinnovabili, l'introduzione di tecnologie più efficienti, la liberalizzazione del mercato energetico, lo sviluppo di nuove soluzioni finanziarie e la crescente attenzione da parte delle organizzazioni internazionali e delle istituzioni finanziarie, hanno reso le tecnologie *off-grid* e *mini-grid* ad energia solare la migliore soluzione per garantire l'accesso universale all'elettricità. Circa il 70% del fabbisogno addizionale di energia elettrica sarà infatti soddisfatto attraverso i sistemi decentralizzati; di questi, la quasi totalità sfrutterà l'energia solare.

Stimolare la partecipazione del settore privato sarà essenziale per favorire la crescita di questo settore a causa degli elevati investimenti richiesti per conseguire l'obiettivo entro il 2030. Da qui la necessità di creare un contesto normativo favorevole che permetta alle imprese di ottenere licenze e permessi per operare ad un costo e in tempi ragionevoli, di coprire i costi sostenuti, di accedere ai capitali necessari per lo sviluppo di nuovi progetti, e contemporaneamente che fornisca l'incentivo ad entrare nel mercato, per esempio con una riduzione delle imposte e del rischio connesso agli investimenti o con l'esenzione delle tariffe dall'approvazione del regolatore.

Infine, garantire l'accesso universale all'elettricità implica anche rivolgere particolare attenzione al problema dell'*affordability*, intesa come incapacità delle famiglie più povere di sostenere le tariffe per la connessione alla rete elettrica o il costo di acquisto delle tecnologie *off-grid*. Tra le soluzioni a disposizione, le più diffuse sono l'adozione del metodo di pagamento *pay-as-you-go*, che permette di distribuire l'importo richiesto su un periodo di tempo più lungo, l'introduzione di sussidi e l'implementazione di programmi di elettrificazione rurale, con finanziamenti da parte dello stato, delle organizzazioni internazionali o del settore privato.

Numero parole: 9992.

Bibliografia

AEVARSDOTTIR, A., BARTONAND, N., BOLD, T., 2017. *The impacts of rural electrification on labor supply, income and health: experimental evidence with solar lamps in Tanzania*. Disponibile su

<https://www.tessabold.com/uploads/7/0/1/0/70101685/welfare_effects_of_solar_power_september_2017.pdf>

ALLOISIO, I., BONAN, J., CARRARO, C., DAVIDE, M., HAFNER, M., TAGLIAPIETRA, S., TAVONI, M., 2017. *Energy Poverty Alleviation and its Consequences on Climate Change Mitigation and African Economic Development*. Nota di lavoro 02.2017. Milano: Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponibile su <https://www.feem.it/m/publications_pages/2-feem-energy-poverty-alleviation-low1.pdf>

BARNES, D. F., 2011. Effective solutions for rural electrification in developing countries: lessons from successful programs. *Current opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, pp. 260-264. Disponibile su

<https://www.researchgate.net/profile/Douglas_Barnes3/publication/241123874_Effective_solutions_for_rural_electrification_in_developing_countries_Lessons_from_successful_programs/links/5b5b944f458515c4b24e1c22/Effective-solutions-for-rural-electrification-in-developing-countries-Lessons-from-successful-programs.pdf?origin=publication_detail>

BAZILIAN, M., et al., 2010. *Measuring Energy Access: Supporting a Global Target*. New York, USA: Earth Institute, Columbia University. Disponibile su

<https://www.researchgate.net/publication/266576066_Measuring_Energy_Access_Supporting_a_Global_Target>

BAZILIAN, M., NUSSBAUMER, P., MODI, V., YUMKELLA, K., 2011. *Measuring Energy Poverty: Focusing on What Matters*. Working paper 42. Oxford, UK: Oxford Poverty & Human Development Initiative (OPHI), Oxford Department of International Development Queen Elizabeth House (QEH), University of Oxford. Disponibile su

<<https://ophi.org.uk/measuring-energy-poverty-focusing-on-what-matters/>>

BERNARD, T., 2010. *Impact Analysis of Rural Electrification Projects in Sub-Saharan Africa*. Oxford, UK: Oxford University Press on behalf of the International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank. Disponibile su

<<http://documents.worldbank.org/curated/en/277651468002406239/pdf/814320JRN0WBR00Box379873B00PUBLIC0.pdf>>

- BHATIA, M., ANGELOU, N., 2015. *Beyond Connections: Energy Access Redefined*. Washington D.C., USA: Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), The World Bank Group. Disponibile su https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Topics/Energy%20and%20Extract/Beyond_Connections_Energy_Access_Redefined_Exec_ESMAP_2015.pdf
- BLIMPO, M., MCRAE, S., STEINBUKS, J., 2017. *Why are Connection Charges So High? An Analysis of the Electricity Sector in Sub-Saharan Africa*. Policy Research working paper num. WPS 8407. Washington, D.C., USA: World Bank Group. Disponibile su <http://documents.worldbank.org/curated/en/659251523907847219/Why-are-connection-charges-so-high-an-analysis-of-the-electricity-sector-in-Sub-Saharan-Africa>
- BONAN, J., PAREGLIO, S., TAVONI, M., 2014. *Access to Modern Energy: a Review of Impacts Evaluations*. Nota di lavoro 96.2014. Milano, Italia: Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponibile su <https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/access-to-modern-energy-a-review-of-impact-evaluations/>
- BONAN, J., PAREGLIO, S., TAVONI, M., 2016. *Access to Modern Energy: a Review of Barriers, Drivers and Impacts*. Nota di lavoro 68.2016. Milano, Italia: Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponibile su <https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/access-to-modern-energy-a-review-of-barriers-drivers-and-impacts/>
- BREW-HAMMOND, A., 2010. Energy Access in Africa: Challenges ahead. *Energy Policy, The International Journal of the Political, Economic, Planning, Environmental and Social Aspects of Energy*, vol. 38, pp. 2291-2301. Disponibile su <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509009707>
- CABRAL, LUIS M. B., 2000. *Introduction to industrial organization*. Cambridge, USA: The MIT Press.
- CHAKRAVARTY, S., TAVONI, M., 2013. Energy poverty alleviation and climate change mitigation: is there a trade off? *Energy Economics*, vol. 40, suppl. 1, pp. S67-S73. Disponibile su <https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/energy-poverty-alleviation-and-climate-change-mitigation-is-there-a-trade-off/>
- FAIELLA, I., LAVECCHIA, L., 2014. *La povertà energetica in Italia*. Questioni di Economia e Finanza (Occasional papers), num. 240. Banca d'Italia, pp. 5-14. Disponibile su https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/qef/2014-0240/QEF_240.pdf

- GOLUMBEANU, R., BARNES, D., 2013. *Connection charges and electricity access in Sub-Saharan Africa*. Policy Research working paper num. WPS 6511. Washington, DC, USA: World Bank. Disponibile su <<http://documents.worldbank.org/curated/en/499211468007201085/pdf/WPS6511.pdf>>
- HARRISON, K., SCOTT, A., HOGARTH, R., 2016. *Accelerating access to electricity in Africa with off-grid solar – The impact of solar household solutions*. London, UK: Overseas Development Institute. Disponibile su <<https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10229.pdf>>
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2017. *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity*. World Energy Outlook Special Report. Disponibile su <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf>
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2017. *World Energy Outlook: Methodology for Energy Access Analysis*. Disponibile su <<https://www.iea.org/energyaccess/methodology/>>
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018. *Accelerating Sdg 7 achievement - Policy brief 01 - Achieving universal access to electricity*. Disponibile su <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17462PB1.pdf>>
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA), 2016. *Policies and regulations for private sector renewable energy mini-grids*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Disponibile su <<https://www.irena.org/publications/2016/Sep/Policies-and-regulations-for-private-sector-renewable-energy-mini-grids>>
- KEMPENER, R., LAVAGNE D'ORTIGUE, O., SAYGIN, D., SKEER, J., VINCI, S., GIELEN, D., 2015. *Off-grid renewable energy systems: Status and methodological issues*. International Renewable Energy Agency (IRENA). Disponibile su <<https://www.irena.org/publications/2015/Feb/Off-grid-renewable-energy-systems-Status-and-methodological-issues>>
- KOH, S. C. L., MARCHAND, R., GENOVESE, A., BRENNAN, A., 2012. *Fuel Poverty: Perspectives from the front line*. Sheffield, UK: Centre for Energy Environment and Sustainability, University of Sheffield. Disponibile su <<http://eprints.whiterose.ac.uk/90008/>>

MARQUARD, A., BEKKER, B., EBERHARD, A., GAUNT, T., 2007. *South Africa's Electrification Programme: an overview and assessment*. Cape Town, South Africa: Graduate School of Business, University of Cape Town. Disponibile su <https://www.researchgate.net/publication/318907569_South_Africa's_Electrification_Programme--an_overview_and_assessment>

MAZZONI, D., 2019. *Digitalization for Energy Access in Sub-Saharan Africa: Challenges, Opportunities and Potential Business Models*. Working paper 2.2019. Milano, Italia: Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponibile su <<https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/digitalization-for-energy-access-in-sub-saharan-africa-challenges-opportunities-and-potential-business-models/>>

MODI, V., MCDADE, S., LALLEMENT, D., SAGHIR, J., 2005. *Energy Services for the Millennium Development Goals*. New York, USA: Energy Sector Management Assistance Programme, United Nations Development Programme, UN Millennium Project and World Bank. Disponibile su <<https://qsel.columbia.edu/assets/uploads/blog/2016/publications/energy-services-for-the-millennium-development-goals.pdf>>

OWEN, G., 2010. *Review of the UK fuel poverty measure*. Report for Office of Gas and Electricity Markets (OFGEM) in UK. Disponibile su <<https://www.sustainabilityfirst.org.uk/images/publications/other/Review%20of%20the%20UK%20fuel%20poverty%20measure-%20for%20publication%20Feb%202011.pdf.pdf>>

PACHAURI, S., 2011. Reaching an international consensus on defining modern energy access. *Current opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, pp. 235-240. Disponibile su <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343511000625>>

PACHAURI, S., RAO, N.D., NAGAI, Y., RIAHI, K., 2012. *Access to Modern Energy: Assessment and Outlook for Developing and Emerging Regions*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Disponibile su <<http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/10145/1/XO-12-030.pdf>>

PETERS, K., et al., 2019. *Global Off-Grid Solar Market Report - Semi-Annual Sales and Impact Data, July-December 2018, Public Report*. GOGLA, Lighting Global, Efficiency for Access Coalition, Berenschot, UK aid. Disponibile su <https://sun-connect-news.org/fileadmin/DATEIEN/Dateien/New/global_off-grid_solar_market_report_h2_2018_opt.pdf>

QUAK, E., 2018. *The Costs and Benefits of Lighting and Electricity Services for Off-Grid Populations in sub-Saharan Africa*. K4D Helpdesk Report, num. 317. Brighton, UK: Institute of Development Studies. Disponibile su

<https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/13649/Costs_Benefits_Off-Grid_Electricity_Lighting_Systems.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REDDY, K.N., 2000. *Energy and Social Issues*. Capitolo 2, pp.39-58. In: United Nations Development Programme, United Nations Department of Economic and Social Affairs and World Energy Council, 2000. *World Energy Assessment: Energy and the challenge of sustainability*. New York, USA: United Nations Development Programme. Disponibile su

<https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/sustainable_energy/world_energy_assessmentenergyandthechallengeofsustainability.html>

ROSENTHAL, E., 2009. Third-World Stove Soot Is Target in Climate Fight. *The New York Times*. Disponibile su <<https://www.nytimes.com/2009/04/16/science/earth/16degrees.html>>

STURM, L., et al., 2016. *Off-grid solar market - trends report 2016*. International Finance Cooperation, World Bank, GOGLA, Bloomberg New Energy Finance. Disponibile su <https://www.lightingglobal.org/wp-content/uploads/2016/03/20160301_OffGridSolarTrendsReport-1.pdf>

THE SECRETARY-GENERAL'S ADVISORY GROUP ON ENERGY AND CLIMATE CHANGE (AGECC), 2010. *Energy for a sustainable future*. New York, USA. Disponibile su <[https://www.un.org/millenniumgoals/pdf/AGECCsummaryreport\[1\].pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/pdf/AGECCsummaryreport[1].pdf)>

UNEP, 2017. *Atlas of Africa Energy Resources*. Nairobi, Kenya. Disponibile su <https://www.icafrica.org/fileadmin/documents/Publications/Africa_Energy_Atlas.pdf>

Sitografia

AZURI. Disponibile su <<https://www.azuri-technologies.com/products/#quad>> [Data di accesso: 02/08/2019]

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Disponibile su <<https://www.iea.org/>>, <<https://www.iea.org/sdg/electricity/>>, <<https://www.iea.org/weo2018/electricity/>>, <<https://www.iea.org/access2017/#section-1-1>> [Data di accesso: 01/07/2019]

LIGHTING AFRICA. Disponibile su <<https://www.lightingglobal.org/where-we-work/lighting-africa/>> [Data di accesso 16/08/2019]

PLUG THE SUN. Disponibile su <<https://www.plugthesun.com/off-grid-solutions/pay-as-you-go/>> [Data di accesso: 02/08/2019]

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS KNOWLEDGE PLATFORM. Disponibile su <<https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>> [Data di accesso: 01/07/2019]

UNITED NATIONS. Disponibile su <<https://www.un.org/en/?>> [Data di accesso: 01/07/2019]

UNRIC – CENTRO REGIONALE DI INFORMAZIONE DELLE NAZIONI UNITE. Disponibile su <<https://www.unric.org/it/agenda-2030/30744-obiettivo-nd7-assicurare-a-tutti-laccesso-a-sistemi-di-energia-economici-affidabili-sostenibili-e-moderni>> [Data di accesso: 01/07/2019]

WORLD BANK. Disponibile su <<http://projects.worldbank.org/P160009/?lang=en&tab=overview>> [Data di accesso: 16/08/2019]

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponibile su <<https://www.who.int/airpollution/en/>>, <<https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>> [Data di accesso: 14/08/2019]